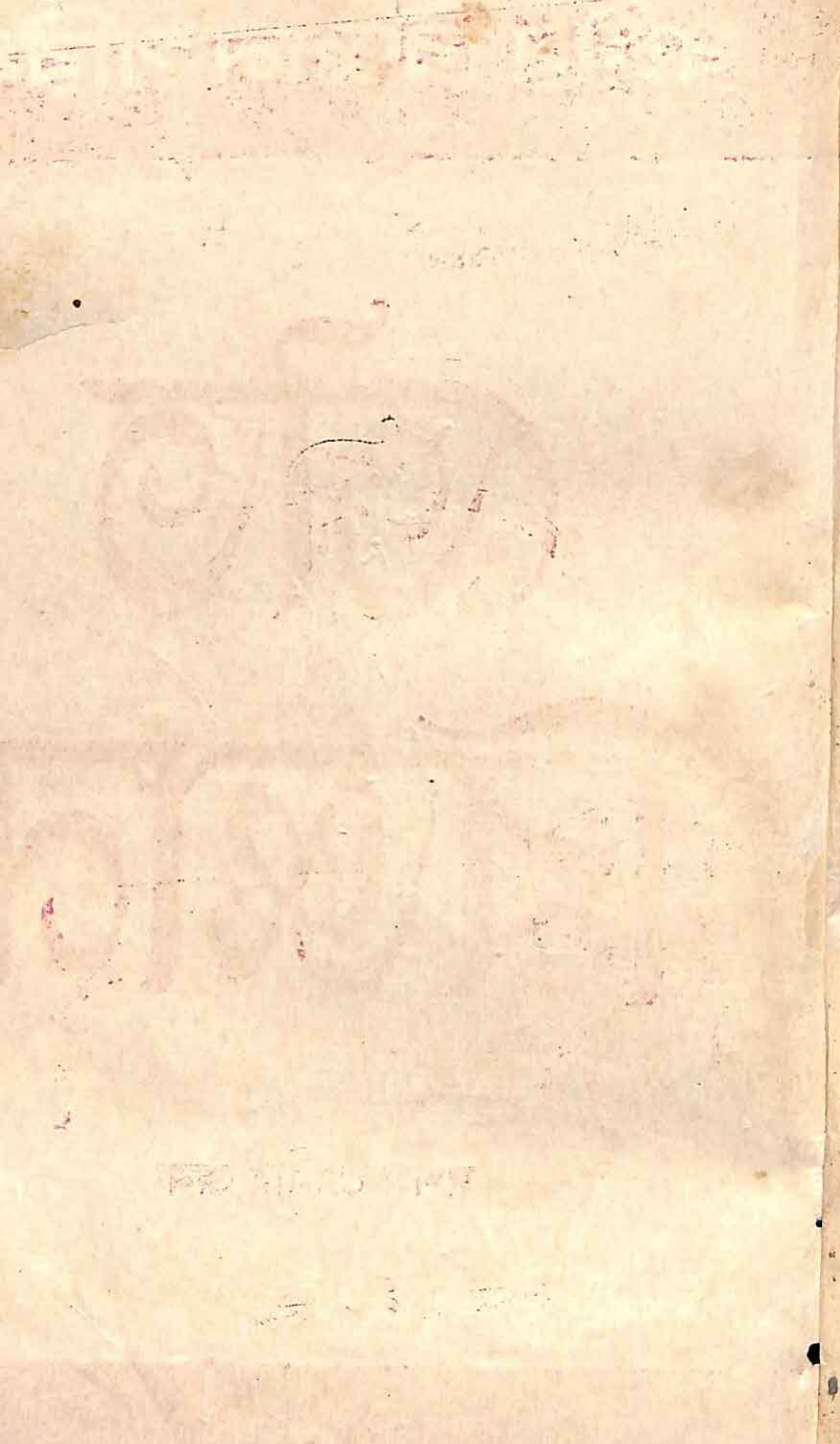
বঙ্গীয় বিজ্ঞান পরিষদ

ভৌত বিজ্ঞান

দশম শ্রেণীর জন্য

ম্যাকমিলান

ভৌত বিজ্ঞান

(দশম শ্রেণী)

পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ প্রবর্তিত ভৌত বিজ্ঞান (Physical Science)-এর পাঠ্যসূচী অনুযায়ী দশম শ্রেণীর জন্য লিখিত

ভৌত বিজ্ঞান

(দশম শ্রেণীর পাঠ্য)

বঙ্গীয় বিজ্ঞান পরিষদ

প্রণীত

M

দি ম্যাকমিলান কোম্পানি অফ ইণ্ডিয়া লিমিটেড

294, বিপিনবিহারী গাঙ্গুলী স্ট্রীট, কলিকাতা 12

1975

ভূমিকা

বর্তমান যুগে যে-কোন দেশের উন্নতির জন্যে বিজ্ঞানের জ্ঞান আর তার ব্যাপক প্রয়োগের একান্তই দরকার। আমাদের দেশ থেকে সত্যই যদি 'গরিবী হটাতে' হয়, যদি আমরা নিজেদের পায়ে ভর দিয়ে মাথা উঁচু করে দাঁড়াতে চাই, তাহলে বিজ্ঞানকে আমাদের খুব বেশী করে কাজে লাগাতে হবে। এর জন্যে দেশের জনগণকে বিজ্ঞানের অন্ততঃ মূল কথাগুলি শেখাতে হবে—বিজ্ঞানের সাহায্যে মানুষ যে সব ক্ষমতা করায়ত্ত করেছে, সেগুলি সম্বন্ধেও তাদের একটা মোটামুটি ধারণা দেওয়া দরকার। মাতৃভাষার মাধ্যমে বিজ্ঞানশিক্ষার প্রসার হলে তবেই কেবল এইসব কাজ সম্ভব। আমাদের বিজ্ঞান পরিষদ গত ছাব্বিশ বছর ধরে এই উদ্দেশ্য সাধনে ব্রতী রয়েছে।

পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষতের নতুন পাঠ্যসূচীতে বিদ্যালয়ের সব শিক্ষার্থীর জন্যেই যে বিজ্ঞানশিক্ষার ব্যবস্থা হয়েছে, এটা আনন্দের কথা। বিজ্ঞানের বিষয়বস্তুগুলি যদি মাতৃভাষার মাধ্যমে সরল ও নিপুণভাবে ছাত্রছাত্রীদের শেখানো যায় এবং সেই শেখানোর মধ্যে যাতে ভুলত্রুটি বা অসংগতি না থাকে, সেদিকে যদি সজাগ দৃষ্টি রাখা যায়, তাহলে শিক্ষার্থীদের মনে বিজ্ঞান সম্পর্কে একটা সঠিক ধারণা গড়ে উঠবে এবং তারা ভবিষ্যতে দেশের উন্নয়নমূলক কর্মসূচীতে তাদের যোগ্য ভূমিকা নিতে পারবে। এই কাজে যথাসাধ্য সহযোগিতা করবার জন্যে বিজ্ঞান পরিষদ নতুন পাঠ্যসূচী অনুসারে ভৌত বিজ্ঞানের এই পাঠ্যপুস্তকটি রচনা করেছে।

আমাদের চারপাশের যে জড়জগৎ, সেই জগৎ সম্বন্ধে জ্ঞান সংগ্রহ করা হচ্ছে ভৌত বিজ্ঞানের উদ্দেশ্য। এই বিজ্ঞানের দুটি প্রধান অংশ —পদার্থবিদ্যা ও রসায়ন। তবে বিজ্ঞানের উন্নতির সঙ্গে সঙ্গে বিজ্ঞানের বিভিন্ন শাখার মধ্যে যখন পারস্পরিক সম্পর্ক ক্রমশঃ প্রকাশ পাচ্ছে, ভিন্ন ভিন্ন শাখার সমন্বয়ে যখন 'আণবিক জীববিজ্ঞান', 'বায়োনিকৃস্' প্রভৃতি বিষয়বস্তুর সৃষ্টি হচ্ছে, তখন পদার্থবিদ্যা ও রসায়নকে আর সম্পূর্ণ পৃথক করে ভাবা যাচ্ছে না—এদের একত্র করে একটি বিষয় হিসাবে চিন্তা করাই বোধ হয় যুক্তিসঙ্গত।

কয়েক বছর আগে বিদ্যালয়ের শিক্ষার্থীদের জন্যে বিজ্ঞান পরিষদ থেকে 'বিজ্ঞান-বিকাশ' নামে সাধারণ বিজ্ঞানের একটি বই রচনা করা হয়েছিল ; সেই বই ছাত্রদের ভাল লেগেছে জেনে খুশি হয়েছিলাম। আশা করি ভৌত বিজ্ঞানের এই বইটিও তাদের কাছে সমাদর লাভ করতে পারবে।

পরিষদ ভবন
পি 23, রাজা রাজকৃষ্ণ স্ট্রীট
কলিকাতা-6
3 ডিসেম্বর, 1973

সত্যেন্দ্র বোস

সভাপতি, বঙ্গীয় বিজ্ঞান পরিষদ

ভূমিকা

মাতৃভাষার মাধ্যমে বিজ্ঞানশিক্ষা প্রসারের উদ্দেশ্যে পরলোকগত বিজ্ঞানাচার্য সত্যেন্দ্রনাথ বসুর নেতৃত্বে 1948 খৃষ্টাব্দে বঙ্গীয় বিজ্ঞান পরিষদ প্রতিষ্ঠিত হয়। মৃত্যুর দিন পর্যন্ত পরিষদের প্রতিষ্ঠাতা-সভাপতি রূপে আচার্য সত্যেন্দ্রনাথ তাঁহার এই মানস পুত্রটিকে সযত্নে লালন করিয়া গিয়াছেন। পরিষদের কর্মপ্রচেষ্টাকে অব্যাহত রাখিয়া তাঁহার স্মৃতির প্রতি যথার্থ সম্মান প্রদর্শন করিবার দায়িত্ব এখন আমাদের সকলের।

গত সাতাশ বৎসর ধরিয়া বহুবিধ কর্মধারার মধ্য দিয়া পরিষদ তাহার আদর্শ পালনে নিয়োজিত আছে। এই আদর্শের সফল রূপায়ণের অন্যতম পন্থা হিসাবে বিদ্যালয়ের শিক্ষার্থীদের জন্য পরিষদ এই পাঠ্যপুস্তক প্রণয়নে ব্রতী হইয়াছে। শিক্ষার্থীদের মধ্যে যথাযথ বিজ্ঞানশিক্ষার বিস্তারে ও বৈজ্ঞানিক ভাবধারার প্রসারে পুস্তকটি সহায়ক হইলে পরিষদ তাহার পরিশ্রম সার্থক জ্ঞান করিবে।

সত্যেন্দ্র ভবন
কলিকাতা-6
5 ডিসেম্বর, 1974

অসীমা চট্টোপাধ্যায়
সভাপতি, বঙ্গীয় বিজ্ঞান পরিষদ

প্রস্তাবনা

পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ প্রবর্তিত নূতন পাঠ্যসূচী অনুযায়ী মাধ্যমিক বিদ্যালয়সমূহের দশম শ্রেণীর জন্য ভৌত বিজ্ঞানের এই পাঠ্যপুস্তকটি নবম শ্রেণীর উপযোগী পূর্ব-প্রকাশিত পাঠ্যপুস্তকের পরিপূরক রূপে বঙ্গীয় বিজ্ঞান পরিষদ কর্তৃক প্রণীত হইয়াছে।

এই পুস্তকের প্রথম দুইটি অধ্যায়ে ভৌত বিজ্ঞানের কয়েকটি সাধারণ বিষয় আলোচনার পর তৃতীয় হইতে ষষ্ঠ অধ্যায়ে পদার্থবিদ্যার এবং পরবর্তী অধ্যায়গুলিতে রসায়নের বিষয়বস্তু পরিবেশিত হইয়াছে। যথোচিত সরল ভাষায় ও সহজভাবে পাঠ্যসূচীর প্রত্যেকটি বিষয়ের পূর্ণাঙ্গ আলোচনা পুস্তকটিতে রহিয়াছে এবং ইহাকে যথেষ্ট চিত্রসম্বলিত করিয়া বিষয়বস্তুগুলি যথাসাধ্য সহজবোধ্য ও চিত্তাকর্ষক করিবার চেষ্টা করা হইয়াছে। অধ্যাপনার সুবিধার্থে প্রতিটি অধ্যায়ের প্রারম্ভে নির্ধারিত পাঠ্যসূচীর প্রাসঙ্গিক বিষয়গুলির উল্লেখ আছে। প্রয়োজন অনুসারে আলোচিত বিষয়-বস্তু সম্পর্কিত আধুনিক ধারণাগুলিও সংক্ষেপে ও প্রাঞ্জলভাবে ব্যক্ত করা হইয়াছে। অধীত বিষয়গুলির সবিশেষ অনুশীলন ও পর্যালোচনার জন্য পুস্তকটির শেষভাগে বিভিন্ন বিষয়মুখী প্রশ্নমালা ও সাধারণ প্রশ্নাবলী প্রদত্ত হইয়াছে এবং পরীক্ষায় সম্ভাব্য প্রশ্নের ধারা নির্দেশ করিবার জন্য স্কুল ফাইনাল ও উচ্চ মাধ্যমিক পরীক্ষার প্রশ্নও তৎসহ সন্নিবিষ্ট হইয়াছে।

এই পুস্তকের রচনা ও সম্পাদনায় পরিষদের পক্ষে অংশগ্রহণ করিয়াছেন ডঃ ব্রহ্মানন্দ দাশগুপ্ত, ডঃ রাধাকান্ত মণ্ডল, শ্রীহেমন্তকুমার মজুমদার, শ্রীসুবিনয় গঙ্গোপাধ্যায় ও ডঃ জয়ন্ত বসু। ইহার প্রকাশনায় সযত্ন সহযোগিতার জন্য ম্যাকমিলান কোম্পানীর কর্তৃপক্ষ পরিষদের বিশেষ ধন্যবাদার্হ।

শিক্ষক মহোদয়গণ এই পুস্তকের ত্রুটিবিচ্যুতি ও সাধারণভাবে ইহার মানোন্নয়নের প্রতি আমাদের দৃষ্টি আকর্ষণ করিলে অনুগৃহীত হইব।

সত্যেন্দ্র ভবন
পি-23, রাজা রাজকৃষ্ণ স্ট্রীট
কলিকাতা - 6
5 ডিসেম্বর, 1974

জয়ন্ত বসু
কর্মসচিব, বঙ্গীয় বিজ্ঞান পরিষদ

SYLLABUS IN PHYSICAL SCIENCES

(Physics and Chemistry)

For Class X

(COMMON TO BOTH PHYSICS & CHEMISTRY)

1. Atomic structure of matter. Elementary ideas of the planetory model of the atom. Structure of the nucleus. Mass, size and charge of electron, proton and neutron. Isotopes. Atomic numbers, atomic weight and mass number. (Non-mathematical treatment. Elementary ideas with illustrative examples).

2. Properties of gases,—pressure and temperature. Boyle's and Charle's laws. Avogadro's hypothesis. Avogadro's number. Molecular weight. Brief mention of the motion of gas molecules and the dependence of pressure and temperature on such motion (very elementary—non-mathematical discussion).

PHYSICS

1. Sources of sound ; sound produced by vibration. Propagation of sound. Necessity of a medium for sound. Frequency and pitch. Velocity of sound. Reflection of sound. Echo, Musical sound and noise. Ultrasonic waves and their applications.

2. Electric current. E. M. F. of a cell. Ohm's law and resistance (no sums). Heating effect of current and Joule's law.

Action of current on a magnet. Ampere's swimming rule. Action of a magnet on a current. Burlow's wheel. Application in case of motor. Electromagnetic induction. Principle of dynamo.

3. Electromagnet. Simple principle of a telephone receiver.

4. Conduction of electricity through a gas at a low pressure. Elementary idea of Cathode rays. X-rays.

CHEMISTRY

1. Molecules and Atoms. Dalton's Atomic Theory. Periodicity of elements—classification of elements in periodic table—(Elementary ideas) : Electrovalency and co-valency.

2. Atomic weight, Molecular weight, Molar volume, Gram atomic weight, Gram molecular weight.

3. Simple methods of preparation, simple properties and typical reactions of HCl, H_2SO_4 and HNO_3.

4. Sources and uses of Carbon, Sulphur, Phosphorous, Boron and Allotropy of carbon and phosphorous.

5. Nature, sources and uses of: Glass, caustic soda, washing soda, common salt, bleaching powder, quick and slaked lime. Copper sulphate: ammonium sulphate, soap, petrol, kerosone, Rectified spirit: Methylated spirit.

6. Source, elementary properties (physical and chemical behaviour towards air, water, dilute acids and alkalies) and uses of Aluminium, Magnesium, Zink, Iron, Copper, Lead, Mercury: Elementary ideas of Alloys and Amalgams.

7. (*a*) Organic compounds—scope and variety. Its role in life processes. Nature and elementary classification of organic compound—Linkage in carbon compounds—its difference from inorganic compounds.

(*b*) Sources and uses (preparation and properties excluded) of the following: CH_4, C_2H_4, C_2H_2, Chloroform, Ethyl alchohol, Vinegar, Glycerol, Glucose, Urea, Benzene, Phenol, Napthalene.

সূচীপত্র

পদার্থবিদ্যা

রসায়ন

প্রথম অধ্যায়

পরমাণু
(Atom)

পাঠ্যসূচী :

পদার্থের পারমাণবিক গঠন ; পরমাণুর সৌরজগৎ-সদৃশ কাঠামো সম্বন্ধে প্রাথমিক ধারণা ; নিউক্লিয়াসের গঠন ; ইলেকট্রন, প্রোটন ও ইলেকট্রনের ভর, আয়তন ও আধান ; আইসোটোপ ; পারমাণবিক সংখ্যা, পারমাণবিক গুরুত্ব ও ভর-সংখ্যা। (গাণিতিক আলোচনা অপ্রয়োজনীয় ; ব্যাখ্যামূলক দৃষ্টান্তের সাহায্যে প্রাথমিক ধারণা)।

1.1 পদার্থের পারমাণবিক গঠন

যদি কোন পদার্থকে ক্রমাগতই ক্ষুদ্র হইতে ক্ষুদ্রতর অংশে বিভক্ত করা হয়, তাহা হইলে পরিশেষে কী পাওয়া যাইবে, সেই সম্বন্ধে প্রাচীন ভারতের দার্শনিক কণাদ এবং প্রাচীন গ্রীসের দার্শনিক লিউকিপ্পাস, ডিমোক্রিটাস প্রমুখ মনীষিগণ কল্পনা করিয়াছিলেন যে, পদার্থের বিভাজনের শেষ পর্যায়ে এইরূপ ক্ষুদ্র কণা পাওয়া যাইবে, যাহাকে আর বিভক্ত করা সম্ভব নয়। এই কণার নামই হইল **পরমাণু** বা অ্যাটম (atom)। গ্রীক ভাষায় 'অ্যাটম' শব্দের অর্থ অবিভাজ্য। হিন্দুদের বৈশেষিক ন্যায়, বৌদ্ধ ও জৈন ধর্ম এবং গ্রীক দর্শনে পরমাণু সম্বন্ধে ধারণার পরিচয় পাওয়া যায়।

প্রাচীন দার্শনিকদের এই ধারণা সবিশেষ উল্লেখযোগ্য হইলেও ইহা পরীক্ষা-নিরীক্ষা দ্বারা সমর্থিত ছিল না। বহুকাল পরে উনবিংশ শতাব্দীতে জন ডাল্‌টন রাসায়নিক বিক্রিয়ালব্ধ তথ্যের ভিত্তিতে পরমাণুবাদ পুনঃপ্রতিষ্ঠিত করেন। তাঁহার মতানুসারে এক-একটি মৌলিক পদার্থ (যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ইত্যাদি) এক-এক প্রকার পরমাণু দ্বারা গঠিত ; এই সকল পরমাণু রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় অবিভাজ্য থাকে। ডাল্‌টন যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা হিসাবে যৌগিক পরমাণুর কল্পনা করিয়াছিলেন ; ইহা দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের পরমাণু দ্বারা গঠিত। পরে এই যৌগিক পরমাণু অণু নামে অভিহিত হয়। আমেদেও অ্যাভোগাড্রো অণু

সম্বন্ধে সঠিক ধারণার প্রবর্তন করেন। **অণু** (molecule) হইতেছে পদার্থের এইরূপ ক্ষুদ্রতম কণা, যাহা মুক্ত অবস্থায় থাকিতে পারে এবং যাহাতে পদার্থের ধর্ম বজায় থাকে। কোন মৌলিক পদার্থের অণু ঐ পদার্থের দুই বা ততোধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত হয়; যেমন, হাইড্রোজেনের অণু হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণু লইয়া গঠিত। (কোন কোন ক্ষেত্রে মৌলিক পদার্থের অণু একটিমাত্র পরমাণু দ্বারা গঠিত হয়; যথা আর্গন, নিয়ন ইত্যাদি)। কোন যৌগিক পদার্থের অণুতে দুই বা ততোধিক মৌলিক পদার্থের পরমাণু বর্তমান থাকে। উদাহরণস্বরূপ, জলের অণুতে রহিয়াছে হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণু ও অক্সিজেনের একটি পরমাণু।

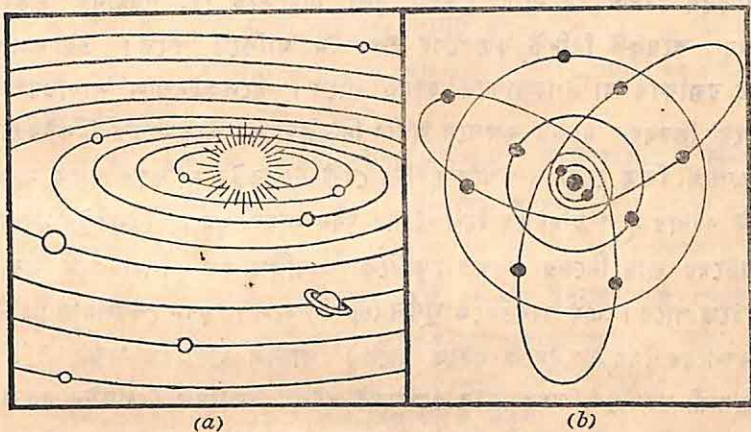
পরমাণু আকারে এত ক্ষুদ্র যে, কোন শক্তিশালী অণুবীক্ষণ যন্ত্র দ্বারাও ইহাকে দেখা যায় না। ইহার আকার গোলকাকৃতি ধরিলে ইহার ব্যাস মোটামুটিভাবে মাত্র 10^{-8} সেন্টিমিটার। দশ কোটি পরমাণুকে পাশাপাশি সাজাইলে সেইগুলি মাত্র এক সেন্টিমিটার দৈর্ঘ্য অধিকার করিবে।

1.2 পরমাণুর কাঠামো

উনবিংশ শতাব্দীর শেষভাগে বৈদ্যুতিক ক্ষরণ (electrical discharge)* সম্পর্কিত পরীক্ষা হইতে জানা গেল যে, পরমাণু অপেক্ষাও ক্ষুদ্রতর ঋণাত্মক (−) আধানযুক্ত একপ্রকার কণার অস্তিত্ব রহিয়াছে। 1898 খৃষ্টাব্দে জে. জে. থম্সন প্রস্তাব করেন যে, পরমাণু অবিভাজ্য নয় এবং সকল পরমাণুর ভিতরই উক্ত ক্ষুদ্রতর কণা রহিয়াছে। এই কণাকে **ইলেকট্রন** (electron) নামে অভিহিত করা হয়। ইলেকট্রন ঋণাত্মক আধানযুক্ত কিন্তু পরমাণু সামগ্রিকভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ, সুতরাং উহার ভিতর ধনাত্মক (+) আধানযুক্ত পদার্থও আছে। 1911 সালে আর্নস্ট রাদারফোর্ড পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করিলেন যে, পরমাণুর কেন্দ্রস্থলে একটি ধনাত্মক আধানযুক্ত কণা রহিয়াছে এবং পরমাণুর অভ্যন্তরস্থ অধিকাংশ স্থানই শূন্য স্থান। ঐ ধনাত্মক আধানযুক্ত কণাটিকে **নিউক্লিয়াস** (nucleus) বা কেন্দ্রক বলা হয়। রাদারফোর্ড প্রস্তাব করিলেন, পরমাণুর গঠন বহুলাংশে সৌর-জগতের গঠনের ন্যায়। সৌর জগতের কেন্দ্রস্থলে যেরূপ সূর্য রহিয়াছে এবং তাহাকে দূর হইতে প্রদক্ষিণ করিতেছে বুধ, শুক্র, পৃথিবী

* ষষ্ঠ অধ্যায় দ্রষ্টব্য।

প্রভৃতি গ্রহাদি, পরমাণুর কেন্দ্রস্থলে সেইরূপ ধনাত্মক আধানযুক্ত নিউক্লিয়াস রহিয়াছে এবং তাহাকে দূর হইতে পরিক্রমণ করিতেছে এক বা একাধিক

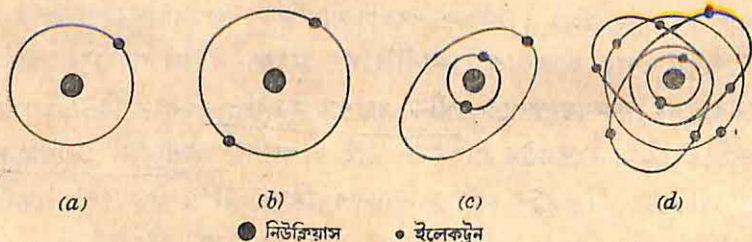
(a) (b)

1.1 নং চিত্র—পরমাণুর সৌরজগৎ-সদৃশ কাঠামো।

(a) সৌর জগৎ; (b) পরমাণু (চিত্রে সোডিয়াম পরমাণু দেখান হইয়াছে।)

ইলেকট্রন (1.1 নং চিত্র)। সমগ্র সৌর জগতে সূর্য ও গ্রহসমূহ অত্যন্ত অল্প স্থান অধিকার করিয়া আছে; পরমাণুতেও নিউট্রন ও ইলেকট্রনসমূহ পরমাণুর স্বল্প স্থান অধিকার করিয়া থাকে। যে কোন গ্রহের তুলনায় সূর্যের ভর বহুগুণ বেশী; ইলেকট্রনের তুলনায় নিউক্লিয়াসও বহুগুণ ভরসম্পন্ন। নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক আধান ও ইলেকট্রন সমূহের মোট ঋণাত্মক আধান সমান; এইজন্য পরমাণু সামগ্রিকভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ।

নীল্‌স বোর ও অন্যান্য বিজ্ঞানীদিগের গবেষণা হইতে পরমাণুর ভিতর ইলেকট্রনের কক্ষপথ সম্পর্কে সঠিক ধারণার সূত্রপাত হইল। নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে কোন ইলেকট্রন পরিক্রমণ করিতে থাকিলে সনাতনী পদার্থবিদ্যা অনুযায়ী সেই ইলেকট্রন হইতে বিকিরণ নির্গত হইবে এবং ইলেকট্রনটি নিউক্লিয়াসকে পরিক্রমণ করিতে করিতে উহার নিকটবর্তী হইবে ও অবশেষে উহার উপর পতিত হইবে। ফলে সৌর জগতের ন্যায় পরমাণুর যে গঠন, তাহা স্থায়ী হইবে না। কিন্তু বাস্তবক্ষেত্রে যে এইরূপ হয় না, তাহার ব্যাখ্যা মিলিল বোরের মতবাদ হইতে। বোরের মতানুসারে পারমাণবিক জগতে সনাতনী পদার্থবিদ্যার নিয়ম কার্যকর নয়, সাধারণ গতিবিদ্যার নিয়ম হইতে

অণু-পরমাণুর সঠিক বিবরণ পাওয়া যায় না; পরমাণুর ভিতর এইরূপ কয়েকটি নির্দিষ্ট কক্ষপথ আছে, যেগুলিতে ইলেকট্রন থাকিলে তাহা হইতে বিকিরণ নির্গত হয় না। সুতরাং বুঝা যাইতেছে যে, পরমাণুর ভিতর কেবল কয়েকটি নির্দিষ্ট কক্ষপথেই ইলেকট্রন থাকিতে পারে। এই কক্ষ-পথ বৃত্তাকার বা উপবৃত্তাকার হইতে পারে। ইলেকট্রনগুলি সাধারণতঃ থাকে ভিতরের দিকের কক্ষপথে অর্থাৎ নিউক্লিয়াসের অপেক্ষাকৃত নিকটবর্তী কক্ষপথে, কিন্তু কোন কক্ষপথে দুইটির বেশী ইলেকট্রন থাকিতে পারে না। এই ঘটনার মূলে রহিয়াছে ইলেকট্রনের ঘূর্ণন নামক ধর্ম। ইলেকট্রন সর্বদা লাটিমের ন্যায় নিজের অক্ষের চতুর্দিকে আবর্তিত হয় বলিয়া মনে করা যাইতে পারে। এই আবর্তনকে **ঘূর্ণন** (spin) বলে। ঘূর্ণন কেবলমাত্র দুইটি পরস্পরের বিপরীত দিকে হইতে পারে। পাউলি প্রস্তাবিত 'বর্জন নীতি' অনুযায়ী পরমাণুর ভিতর কোন কক্ষপথেই এইরূপ একাধিক ইলেকট্রন থাকে না, যাহাদের ঘূর্ণন একই দিকে। সুতরাং যে-কোন কক্ষপথে একটি বা দুইটি ইলেকট্রন থাকিতে পারে; দুইটি ইলেকট্রন থাকিলে তাহাদের ঘূর্ণন পরস্পরের বিপরীত দিকে।

কয়েকটি দৃষ্টান্তের সাহায্যে পরমাণুর ভিতর ইলেকট্রনের অবস্থান সম্পর্কে সুস্পষ্ট ধারণা পাওয়া যাইতে পারে। হাইড্রোজেন পরমাণুতে 1টি মাত্র ইলেকট্রন আছে। এই ইলেকট্রনটি সাধারণতঃ সর্বাপেক্ষা ভিতরের বৃত্তাকার কক্ষপথে থাকে (1.2(a) নং চিত্র)। হিলিয়াম

1.2 নং চিত্র—পরমাণুর ভিতর ইলেকট্রনের অবস্থান।

(a) হাইড্রোজেন; (b) হিলিয়াম; (c) লিথিয়াম; (d) নিয়ন

পরমাণুতে 2টি ইলেকট্রন বর্তমান। ইহাদের ঘূর্ণন পরস্পরের বিপরীত দিকে এবং ইহারাও একেবারে ভিতরের বৃত্তাকার কক্ষপথে থাকে

(1.2(b) নং চিত্র)। লিথিয়াম পরমাণুতে ইলেকট্রনের সংখ্যা 3। একটি কক্ষপথে দুইটির বেশী ইলেকট্রন থাকিতে পারে না বলিয়া তৃতীয় ইলেকট্রনটি রহিয়াছে অপেক্ষাকৃত বাহিরের একটি উপবৃত্তাকার কক্ষপথে (1.2(c) নং চিত্র)। নিয়ন পরমাণুতে 10টি ইলেকট্রন আছে। এইগুলি বিভিন্ন কক্ষপথে কিরূপভাবে সজ্জিত থাকে, তাহা (1.2(d) নং চিত্রে) প্রদর্শিত হইয়াছে।*

এক বা একাধিক কক্ষপথ লইয়া এক-একটি **ইলেকট্রন খোলক** (shell) বা **শক্তিস্তর** গঠিত হয়। পরমাণুর ভিতরের দিক হইতে গণনা করিলে প্রথম খোলকে ইলেকট্রনের সর্বাধিক সংখ্যা 2, দ্বিতীয় খোলকে 8, তৃতীয় খোলকে 18, ইত্যাদি।** এক খোলক হইতে অন্য খোলকে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হইলে উহার শক্তির উল্লেখযোগ্য তারতম্য ঘটে।

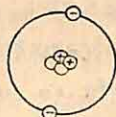
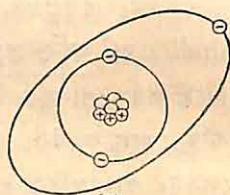
1.3 নিউক্লিয়াসের গঠন

পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ভিতর দুই প্রকার কণা থাকে—প্রোটন (proton) ও নিউট্রন (neutron)। ইহাদিগকে নিউক্লীয় কণা বা **নিউক্লিয়ন** (nucleon) বলে। প্রোটন ধনাত্মক আধানযুক্ত, নিউট্রন তড়িৎ-নিরপেক্ষ। সুতরাং নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটনগুলির মোট আধানই নিউক্লিয়াসের আধান।

---

* 1921 সালে লুই দ্য ব্রগলি বস্তুকণার তরঙ্গধর্মের অস্তিত্ব সম্পর্কে প্রস্তাব করেন। এই মতানুসারে ইলেকট্রনের ন্যায় বস্তুকণার এইরূপ কয়েকটি ধর্ম রহিয়াছে, যেগুলি আলোক-তরঙ্গ বা শব্দতরঙ্গের ধর্মের অনুরূপ। এই মতের পরিণতি হিসাবে 1925 সালে স্রোয়েডিংগার এবং 1926 সালে হাইসেনবার্গ কোয়ান্টাম বলবিদ্যার সূচনা করেন। কোয়ান্টাম বলবিদ্যায় কোন বস্তুকণার অবস্থান ও ভরবেগ একইসঙ্গে সম্পূর্ণ সঠিকভাবে নিরূপণ করা সম্ভব নয়। ইহাকে কোয়ান্টাম বলবিদ্যার অনির্দেশ্যবাদ (principle of uncertainty) বলে। এই বলবিদ্যায় ইলেকট্রনের নির্দিষ্ট কক্ষপথে আবর্তনের কল্পনা যথার্থ নয়, পরমাণুর ভিতর সকল স্থানেই ইলেকট্রনের থাকিবার কিছু সম্ভাবনা রহিয়াছে, তবে এই সম্ভাবনা সর্বত্র সমান নয়। যে স্থানগুলিতে ইলেকট্রনের অবস্থানের সম্ভাবনা সর্বাধিক, সেইগুলিই বোর-নির্দিষ্ট কক্ষপথ। কোয়ান্টাম বলবিদ্যায় ইলেকট্রনের ঘূর্ণন ইলেকট্রনের নিজস্ব একটি বিশিষ্ট ধর্ম, ইহাকে ঠিক লাটিমের ঘূর্ণনের সহিত তুলনা করা যায় না।

** 7.4 নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

প্রোটনের ধনাত্মক আধান ইলেকট্রনের ঋণাত্মক আধানের সমান। আবার কোন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যতগুলি প্রোটন থাকে, পরমাণুটিতে ইলেকট্রনের সংখ্যাও তত। এইজন্য নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক আধান ইলেকট্রনগুলির মোট ঋণাত্মক আধানের সমান এবং সমগ্র পরমাণুটি তড়িৎ-নিরপেক্ষ।

1.3 নং চিত্র—পরমাণু ও উহার নিউক্লিয়াস।
(*a*) হাইড্রোজেন ; (*b*) হিলিয়াম ; (*c*) লিথিয়াম

সকল মৌলের পরমাণুর মধ্যে হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসই সর্বাপেক্ষা সরল। ইহা কেবলমাত্র একটি প্রোটন দ্বারা গঠিত (3(a) নং চিত্র)। হিলিয়ামের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 2টি প্রোটন ও 2টি নিউট্রন আছে (3(b) নং চিত্র)। লিথিয়াম পরমাণুর নিউক্লিয়াসে আছে 3টি প্রোটন ও 4টি নিউট্রন (3(c) নং চিত্র)। অন্যান্য মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যা আরও বেশী। প্রসঙ্গতঃ উল্লেখ্য যে, হাইড্রোজেন ব্যতীত অন্যান্য হাল্কা পরমাণুর (যেমন হিলিয়াম, লিথিয়াম, কার্বন, অক্সিজেন ইত্যাদি) নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যা প্রায় সমান, কিন্তু ভারী পরমাণুর (যেমন প্লাটিনাম, রেডিয়াম, ইউরেনিয়াম ইত্যাদি) নিউক্লিয়াসে নিউট্রনের সংখ্যা প্রোটনের সংখ্যা অপেক্ষা যথেষ্ট বেশী।

পরমাণুর মধ্যে নিউক্লিয়নগুলি একত্র থাকে কেন ? বিশেষতঃ সব প্রোটনই ধনাত্মক আধানযুক্ত বলিয়া তাহারা পরস্পরকে বিকর্ষণ করে। তাহা হইলে নিউক্লিয়াসের ভিতর কয়েকটি প্রোটন কিভাবে একত্র থাকে ? ইহার কারণ হইল, নিউক্লিয়নগুলির মধ্যে কার্যকর নিউক্লীয় বল (nuclear force) নামক একপ্রকার আকর্ষণ-বল। এই বল অত্যন্ত শক্তিশালী কিন্তু

ইহার বিস্তৃতি অতিশয় সীমিত—নিউক্লিয়াসের পরিধির মধ্যে ইহা সীমাবদ্ধ।*

1.4 ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের ভর, আয়তন ও আধান

ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের ভর অত্যন্ত সামান্য। গ্র্যামে প্রকাশ করিলে ইলেকট্রনের ভর $9{\cdot}109 \times 10^{-28}$ গ্র্যাম, প্রোটনের ভর $1{\cdot}6725 \times 10^{-24}$ গ্র্যাম ও নিউট্রনের ভর $1{\cdot}6748 \times 10^{-24}$ গ্র্যাম। নিউট্রনের ভর প্রোটনের ভর অপেক্ষা সামান্য বেশী, ইলেকট্রনের ভর প্রোটনের ভরের 1/1840 অংশ মাত্র ; এই সকল ভর এত সামান্য যে, এইগুলি কল্পনা করাও দুঃসাধ্য। 6-এর পর 23টি শূন্য বসাইলে যে সংখ্যা পাওয়া যায়, প্রায় ততগুলি প্রোটনের ভর মাত্র 1 গ্র্যামের সমান হইবে। এই সংখ্যা এত বৃহৎ যে, পৃথিবীর জনসংখ্যাকে যদি 360 কোটি বলিয়া ধরা যায় এবং পৃথিবীর প্রতিটি মানুষ সেকেণ্ডে 10টি করিয়া প্রোটন অনবরত গুণিতে থাকে, তাহা হইলে উপরিউক্ত সংখ্যার প্রোটনগুলি গুণিয়া শেষ করিতে প্রায় 5 লক্ষ বৎসর লাগিয়া যাইবে।

প্রোটন বা নিউট্রনের ভর মাপিবার জন্য একটি তুলনামূলক একক ব্যবহার করা হয়। এই এককে অক্সিজেন পরমাণুর ভরকে 16 ধরিয়া তুলনামূলকভাবে প্রোটন, নিউট্রন বা ইলেকট্রনের ভর নিরূপণ করা হয়। এই একককে **পারমাণবিক ভর একক** (atomic mass unit, সংক্ষেপে a.m.u.) বলে। এই হিসাবে প্রোটনের ভর 1·00728, নিউট্রনের ভর 1·00867 এবং ইলেকট্রনের ভর 0·0005486।

প্রোটন, নিউট্রন এবং ইলেকট্রনের আয়তনও অতি ক্ষুদ্র। সাধারণভাবে ইহাদিগকে গোলকাকৃতি বস্তুকণা ধরিলে ইহাদের ব্যাস মোটামুটিভাবে 10^{-13} সে. মি. অর্থাৎ এক সেন্টিমিটারের দশ লক্ষ কোটি ভাগের কয়েক ভাগ মাত্র। নিউক্লীয় পদার্থবিদ্যায় 10^{-13} সেন্টিমিটারকে এক ফের্মি (fermi) বা ফ্যান্টোমিটার (fantometer) বলে। নিউক্লিয়াসের ব্যাস কয়েক ফের্মি হইয়া থাকে।

একটি পরমাণুর ব্যাস মোটামুটিভাবে 10^{-8} সে. মি. বলিয়া একটি পরমাণুর

---

* নিউক্লীয় বলের মূলে রহিয়াছে প্রধানতঃ মেসন বিনিময় প্রক্রিয়া। দুইটি নিউক্লিয়নের মধ্যে অবিরত পাই-মেসন নামক একপ্রকার কণার বিনিময় হইতেছে বলিয়া ধরা যায়। এই বিনিময়ের জন্য ঐ দুইটি কণা পরস্পরের নিকট থাকিয়া যাইতেছে অর্থাৎ এই বিনিময়ের মাধ্যমে উহাদের মধ্যে এক ধরণের আকর্ষণ-বল কার্যকর হইতেছে। এই আকর্ষণ-বলই নিউক্লীয় বল।

তুলনায় নিউক্লিয়াস অত্যন্ত ক্ষুদ্র — পরমাণুর ব্যাসের লক্ষ ভাগের এক ভাগ মাত্র হইতেছে নিউক্লিয়াসের ব্যাস। 400 মিটার দৌড় প্রতিযোগিতার জন্য যে বৃত্তাকার পথ থাকে, উহাকে যদি কোন পরমাণু-অভ্যন্তরস্থ ইলেকট্রনের কক্ষপথ বলিয়া ধরা হয়, তাহা হইলে পরমাণুটির নিউক্লিয়াস হইবে ঐ সুদীর্ঘ পথের কেন্দ্রস্থলে অবস্থিত সামান্য একটি আলপিনের মাথার মত। নিউক্লিয়াসের ভর সামান্য হইলেও ইহার আয়তন অতি ক্ষুদ্র বলিয়া ইহার ঘনত্ব অত্যধিক। মাত্র এক ঘন সেন্টিমিটার নিউক্লিয়াসকে যদি একত্র করিয়া রাখা যাইত, তাহা হইলে উহার ভর হইত প্রায় 24 হাজার কোটি কিলোগ্রাম।

পরমাণুর নিউক্লিয়াস ধনাত্মক আধানযুক্ত। নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে আবর্তনশীল ইলেকট্রন ঋণাত্মক আধানযুক্ত। নিউক্লিয়াসের প্রোটন ও নিউট্রনের মধ্যে প্রোটন ধনাত্মক আধানযুক্ত ও নিউট্রনের কোন আধান নাই, ইহা তড়িৎ-নিরপেক্ষ। প্রোটনের ধনাত্মক আধানের পরিমাণ ইলেকট্রনের ঋণাত্মক আধানের পরিমাণের সমান। প্রোটন বা ইলেকট্রনের আধানই সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র পরিমাণের আধান অর্থাৎ কোন কিছুরই আধান উহা অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর হইতে পারে না। এই আধানের পরিমাণ $4{\cdot}803 \times 10^{-10}$ e. s. u.। যে পরিমাণ আধান সমপ্রকৃতির সম-পরিমাণ আধান হইতে শূন্যস্থানে 1 সে. মি. দূরে রাখিলে উহারা পরস্পরের উপর 1 ডাইন পরিমাণ বিকর্ষণ-বল প্রয়োগ করে, সেই পরিমাণ আধানকে এক স্থিরবৈদ্যুতিক একক (electrostatic unit, সংক্ষেপে e. s. u.) বলা হয়।

1.5 পারমাণবিক সংখ্যা

পরমাণুর নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তরে প্রোটন ও নিউট্রন থাকে এবং নিউক্লিয়াসের বাহিরে প্রোটনের সমসংখ্যক ঋণাত্মক আধানযুক্ত ইলেকট্রন আবর্তনশীল অবস্থায় থাকে, ইহা পূর্বেই বলা হইয়াছে। পরমাণুর রাসায়নিক ধর্ম উহার ইলেকট্রনের সংখ্যা দ্বারা নির্দিষ্ট হয় (রাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ সর্ববহিঃস্থ খোলকের ইলেকট্রনসমূহের বিনিময় ইত্যাদির জন্য ঘটিয়া থাকে)। এই সংখ্যা নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যার সমান; সুতরাং কোন মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা উক্ত মৌলের বৈশিষ্ট্য নিরূপিত করে; অতএব নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যাকেই কোন মৌলের স্বকীয়তার

পরিচায়ক হিসাবে ধরা যায়। এই সংখ্যাকে **পারমাণবিক সংখ্যা** (atomic number) বলা হয়। অর্থাৎ **পারমাণবিক সংখ্যা = নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা**। যে-কোন মৌল এই পারমাণবিক সংখ্যা দ্বারা নির্দিষ্ট হয় এবং এই সংখ্যাটি সাধারণতঃ মৌলের চিহ্নে বামদিকে নীচে লেখা হয়; যথা হাইড্রোজেন, হিলিয়াম, অক্সিজেন ও ইউরেনিয়ামের পারমাণবিক সংখ্যা যথাক্রমে 1, 2, 8 ও 92 বলিয়া উহাদিগকে যথাক্রমে $_1H$, $_2He$, O_8 ও $_{92}U$, এইভাবে লেখা হইয়া থাকে। পর্যায় সারণীতে* (periodic table) পারমাণবিক সংখ্যার উর্ধ্বক্রম অনুসারে মৌলসমূহ সজ্জিত হয়।

1.6 ভর-সংখ্যা

কোন পরমাণুর নিউক্লিয়াসের প্রোটন ও নিউট্রনের মোট সংখ্যাকে **ভর-সংখ্যা** (mass number) বলা হয়, অর্থাৎ **ভর-সংখ্যা = নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা + নিউট্রনের সংখ্যা**। ভর-সংখ্যাটি সাধারণতঃ মৌলের চিহ্নের ডানদিকে উপরে লেখা হয়; যথা $_1H^1$ দ্বারা প্রোটন সংখ্যা 1 এবং ভর-সংখ্যা 1-বিশিষ্ট হাইড্রোজেন বুঝায়, $_2He^4$ দ্বারা প্রোটন সংখ্যা 2 এবং ভর-সংখ্যা 4-বিশিষ্ট হিলিয়াম বুঝায়, অনুরূপভাবে $_8O^{16}$ দ্বারা প্রোটন সংখ্যা 8 এবং ভর-সংখ্যা 16-বিশিষ্ট অক্সিজেন বুঝায়।

1.7 পারমাণবিক গুরুত্ব

সাধারণভাবে গ্র্যামে প্রকাশ করিলে পরমাণুর ভর অত্যন্ত অল্প। প্রকৃতিতে যে সকল পরমাণু পাওয়া যায়, তাহাদের মধ্যে সর্বাধিক ভারী পরমাণু $_{92}U^{238}$-এর ভর $3{\cdot}95 \times 10^{-22}$ গ্র্যাম। এইজন্য পরমাণুর ভর প্রকাশ করিবার নিমিত্ত অন্য একটি তুলনামূলক একক ব্যবহার করা হয়। পরমাণু সমূহের মধ্যে হাইড্রোজেন পরমাণুই সর্বাপেক্ষা হাল্‌কা। পূর্বে হাইড্রোজেন পরমাণুর ভরকে একক ধরিয়া অন্য মৌলের পরমাণু হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় যতগুণ ভারী, সেই সংখ্যাকে মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব বলা হইত। পারমাণবিক গুরুত্ব নিরূপণ করিবার জন্য বর্তমানে অন্য একটি একক

* 7.3 নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

প্রবর্তিত হইয়াছে। অক্সিজেন পরমাণুর ভরকে 16 ধরিয়া* সেই তুলনায় অন্য মৌলের পরমাণু যতগুণ ভারী, তাহাকে মৌলের **পারমাণবিক গুরুত্ব** (atomic weight) বলে; অর্থাৎ

$$\text{মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ভর}}{\text{অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ভর}} \times 16$$

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, পারমাণবিক গুরুত্ব পরমাণুর প্রকৃত ভর নয়, উহা মাত্রাহীন (dimensionless) একটি সংখ্যা মাত্র। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, যদি লৌহের ($_{26}Fe^{56}$) পারমাণবিক গুরুত্ব 55·95 বলা হয়, তবে বুঝা যাইবে যে, উহার একটি পরমাণু অক্সিজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা 55·95/16 গুণ ভারী।

অন্যান্য কয়েকটি মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব পুস্তকের শেষে প্রদত্ত হইল।**

হাইড্রোজেন অপেক্ষা অক্সিজেনকে প্রমাণ হিসাবে লইবার কারণস্বরূপ বলা যায় যে, অক্সিজেন অধিকতর মৌলের সহিত সংযুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে এবং সেই সকল যৌগ বিশ্লেষণ করিয়া অক্সিজেনের তুলনায় ঐ মৌলগুলির পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা সম্ভব হয়।

1.8 আইসোটোপ

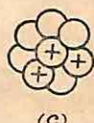
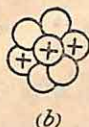
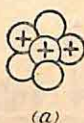
1914 খৃষ্টাব্দে ফ্রেডেরিক সোডি দেখিয়াছিলেন যে, 'বিভিন্ন উৎস হইতে প্রাপ্ত সীসা ও ক্লোরিনের যৌগ লেড ক্লোরাইডের মধ্যে ক্লোরিনের সাপেক্ষে সীসার অনুপাত বিভিন্ন। যেহেতু কোন রাসায়নিক যৌগে মৌলসমূহের

* অক্সিজেনের যে পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ভর-সংখ্যা 16, তাহাকেই প্রমাণ হিসাবে লওয়া হয়। প্রকৃতিতে প্রাপ্ত স্বাভাবিক অক্সিজেনে ভর-সংখ্যা 16, 17 এবং 18-বিশিষ্ট পরমাণু মিশ্রিত থাকায় (1.8 অনুচ্ছেদে আইসোটোপ দ্রষ্টব্য) রাসায়নিক পদ্ধতিতে স্বাভাবিক অক্সিজেনের সাপেক্ষে নিরূপিত পারমাণবিক গুরুত্বকে 1·000275 দ্বারা ভাগ করিলে তবেই তাহা উপরিউক্ত পারমাণবিক গুরুত্বের সমান হয়। অন্য একটি পদ্ধতিতে কার্বন (C^{12}) পরমাণুকে প্রমাণ হিসাবে ধরা হয়।

** প্রকৃতিতে প্রাপ্ত মৌলগুলিতে অধিকাংশ ক্ষেত্রে একাধিক আইসোটোপ বিভিন্ন অনুপাতে মিশ্রিত থাকে এবং এই আইসোটোপগুলির পারমাণবিক গুরুত্ব পৃথক হয়। এইজন্য রাসায়নিক উপায়ে নিরূপিত মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব সাধারণতঃ একটি গড় মান সূচিত করে।

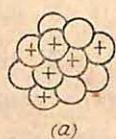
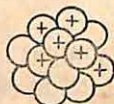
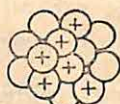
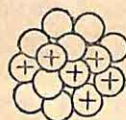
অনুপাত সর্বদা একই থাকে, সেইজন্য এইরূপ অনুমান করা হইল যে, রাসায়নিক ধর্মে সদৃশ অথচ বিভিন্ন পারমাণবিক গুরুত্বযুক্ত সীসা রহিয়াছে। পরে অন্যান্য মৌলেও বিভিন্ন পারমাণবিক গুরুত্বযুক্ত উপাদানের সন্ধান পাওয়া যায়। পারমাণবিক সংখ্যা দ্বারা মৌলের স্বকীয়তা নির্দেশিত হয় এবং একটি নির্দিষ্ট মৌলের পরমাণুসমূহের পারমাণবিক সংখ্যা সমান, ইহা পূর্বে বলা হইয়াছে। কোন মৌলের বিভিন্ন পারমাণবিক গুরুত্বসম্পন্ন উপাদানসমূহকে মৌলের **আইসোটোপ** (isotope) বলে ; একই মৌলের উপাদানের

1.4 নং চিত্র—হাইড্রোজেনের আইসোটোপসমূহের নিউক্লিয়াস।
(*a*) সাধারণ হাইড্রোজেন ; (*b*) ডিউটেরিয়াম ; (*c*) ট্রিটিয়াম

পরমাণু বলিয়া তাহাদের পারমাণবিক সংখ্যা একই এবং রাসায়নিক ধর্মে তাহারা পরস্পরের সদৃশ। নিউক্লিয়াসের গঠন বিবেচনা করিয়া বলা যায় যে, যে-সকল পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা সমান অথচ নিউট্রনের সংখ্যা বিভিন্ন, তাহারা পরস্পরের আইসোটোপ।* পারমাণবিক

1.5 নং চিত্র—লিথিয়ামের কয়েকটি আইসোটোপের নিউক্লিয়াস।
(*a*) ${}_{3}Li^{6}$; (*b*) ${}_{3}Li^{7}$; (*c*) ${}_{3}Li^{8}$

সংখ্যা সমান বলিয়া ইহারা পর্যায়-সারণীতে (periodic table) একই স্থান অধিকার করে ; এইজন্য ইহাদিগকে আইসোটোপ অর্থাৎ সমস্থানিক বলে। সাধারণ হাইড্রোজেন, ডিউটেরিয়াম ও ট্রিটিয়ামের নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা 1 ; সাধারণ হাইড্রোজেনের নিউক্লিয়াসে নিউট্রনের সংখ্যা

* যে-সকল মৌলের নিউক্লিয়াসে কেবলমাত্র নিউট্রনের সংখ্যা সমান অথচ প্রোটনের সংখ্যা বিভিন্ন, তাহাদিগকে পরস্পরের আইসোটোন (isotone) এবং যে সকল মৌলের নিউক্লিয়াসের ভর-সংখ্যা সমান, তাহাদিগকে পরস্পরের আইসোবার (isobar) বলে।

0, ডিউটেরিয়ামের নিউক্লিয়াসে নিউট্রনের সংখ্যা 1, ট্রিটিয়ামের নিউক্লিয়াসে নিউট্রনের সংখ্যা 2 (1.4 নং চিত্র)। সাধারণ হাইড্রোজেন, ডিউটেরিয়াম ও ট্রিটিয়াম হাইড্রোজেনের তিনটি আইসোটোপ। রাসায়নিক ধর্মে ইহারা পরস্পরের সদৃশ। লিথিয়ামের প্রধান দুইটি আইসোটোপের একটির নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা 3 এবং নিউট্রনের সংখ্যা 3; অন্যটিতে প্রোটনের সংখ্যা 3 এবং নিউট্রনের সংখ্যা 4 (1.5 নং চিত্র)। প্রকৃতিতে প্রাপ্ত সকল মৌলের একাধিক আইসোটোপ রহিয়াছে। প্রাকৃতিক উৎস হইতে প্রাপ্ত মৌলের মধ্যে বিভিন্ন আইসোটোপ মিশ্রিতভাবে থাকে ; যেমন প্রাকৃতিক লিথিয়ামে $_3Li^6$ এবং $_3Li^7$, প্রাকৃতিক অক্সিজেনে $_8O^{16}$, $_8O^{17}$, এবং $_8O^{18}$ ও প্রাকৃতিক ইউরেনিয়ামে প্রধান দুইটি আইসোটোপ $_{92}U^{235}$ এবং $_{92}U^{238}$ মিশ্রিত রহিয়াছে। কৃত্রিম উপায়েও আইসোটোপ প্রস্তুত করা যায়। কোন কোন আইসোটোপ অস্থায়ী হয়, উহাদের নিউক্লিয়াসের অভ্যন্তর

1.6 নং চিত্র—কার্বনের কয়েকটি আইসোটোপের নিউক্লিয়াস।
(a) $_6C^{11}$; (b) $_6C^{12}$; (c) $_6C^{13}$; (d) $_6C^{14}$

ভাগ হইতে স্বতঃই আহিত কণা বা শক্তি নির্গত হয় ; ইহাদিগকে তেজস্ক্রিয়* আইসোটোপ (radioactive isotope) বলে। নিউক্লিয়াস হইতে আহিত কণা নির্গত হইলে উহা অন্য নিউক্লিয়াসে পরিণত হয়।

* কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থের নিউক্লিয়াস হইতে সাধারণতঃ তিন প্রকার রশ্মি নির্গত হইতে পারে ; যথা আল্‌ফা (α) কণা, বিটা (β) কণা ও গামা (γ) রশ্মি। উহাদের মধ্যে আল্‌ফা কণা ধনাত্মক আধানযুক্ত হিলিয়াম নিউক্লিয়াস, বিটা কণা ধনাত্মক আধানযুক্ত পজিট্রন বা ঋণাত্মক আধানযুক্ত ইলেকট্রন এবং গামা রশ্মি উচ্চশক্তিসম্পন্ন তড়িচ্চুম্বকীয় তরঙ্গ।

দ্বিতীয় অধ্যায়

গ্যাসের ধর্ম
(Properties of Gases)

পাঠ্যসূচী :

গ্যাসের ধর্ম—চাপ ও তাপ; বয়েলের সূত্র ও চার্লসের সূত্র; অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প; অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা; আণবিক গুরুত্ব; গ্যাসীয় অণুর গতি এবং এই গতির উপর চাপ ও তাপের নির্ভরতার সংক্ষিপ্ত বিবরণ (অত্যন্ত প্রাথমিক — অগাণিতিক আলোচনা)।

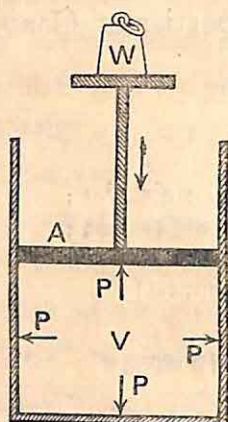
2.1 গ্যাসের উপর চাপ ও তাপের প্রভাব

পদার্থের কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় অবস্থার মধ্যে শেষোক্ত অবস্থাটি অপর দুই অবস্থা হইতে বিশেষভাবে স্বতন্ত্র। গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের অণুগুলি অত্যন্ত গতিশীল। এই অণুগুলির পারস্পরিক দূরত্ব অপেক্ষাকৃত বেশী বলিয়া উহাদের মধ্যে আকর্ষণ কঠিন বা তরল অবস্থার তুলনায় বহুলাংশে কম হয় এবং অণুগুলি একত্র সন্নিবিষ্ট থাকে না। এইজন্য কঠিন ও তরল পদার্থের নির্দিষ্ট আয়তন আছে কিন্তু গ্যাসের নির্দিষ্ট আয়তন নাই। চাপ ও তাপের প্রভাবে সকল গ্যাসেরই আয়তনের যথেষ্ট পরিবর্তন ঘটিয়া থাকে।

কোন আবদ্ধ পাত্রে গ্যাসীয় পদার্থ রাখিলে উহা পাত্রটির অভ্যন্তরে সর্বত্র সমভাবে বিস্তৃত হইয়া থাকে। উহার অণুগুলি পাত্রটির অভ্যন্তরে ইতস্ততঃ বিচরণশীল হয় এবং উহাদের মধ্যে প্রায়শঃই পারস্পরিক সংঘর্ষ ঘটিয়া থাকে। এই অবস্থায় পাত্রটির দেওয়ালগুলিতেও অণুগুলি অনবরত আঘাত করে। এইজন্য ঐ দেওয়ালগুলিতে একটি বল প্রযুক্ত হয়। প্রতি একক বর্গক্ষেত্রে এই বলকেই **চাপ** (pressure) বলা হয়।* পাত্রের অভ্যন্তরে ও দেওয়ালগুলিতে সর্বত্র এই চাপের পরিমাণ সমান।

---

* চাপের পরম একক হইতেছে ডাইন/সে. মি.^{2}। কোন কোন ক্ষেত্রে চাপের একক সেন্টিমিটারে প্রকাশ করা হয়; P সে. মি. বলিলে P সে. মি. উচ্চতাবিশিষ্ট একটি পারদস্তম্ভ দ্বারা প্রতি একক বর্গক্ষেত্রে প্রযুক্ত বলকে বুঝায়। এই এককে বায়ুমণ্ডলের প্রমাণ চাপ হইল 76 সে. মি. (=1013961 ডাইন/সে. মি.^{2})।

ধরা যাউক, A প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট কোন সিলিণ্ডারে একটি পিস্টনের সাহায্যে V আয়তনের কিছু পরিমাণ গ্যাস আবদ্ধ আছে (2.1নং চিত্র)। পিস্টনটির উপর W ওজন চাপান রহিয়াছে। আবদ্ধ গ্যাসের চাপ P হইলে পিস্টনটি স্থির অবস্থায় আছে বলিয়া এই চাপ পিস্টন কর্তৃক প্রদত্ত চাপের সমান। পিস্টনটির নিজস্ব ওজন নগণ্য ধরিলে $P = W/A$।

2.1 নং চিত্র—গ্যাসের চাপ। P—গ্যাসের চাপ ; A—সিলিণ্ডারের প্রস্থচ্ছেদ ; W—ওজন ; V—গ্যাসের আয়তন।

গ্যাসীয় পদার্থের তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে উহার অণুগুলির গতি বাড়িয়া যায়। এই অবস্থায় ঐ পদার্থের চাপ স্থির রাখিলে পদার্থটির আয়তন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। অপরপক্ষে পদার্থটির আয়তন স্থির রাখিলে উহার চাপ বাড়িয়া থাকে।

2.2 গ্যাসীয় পদার্থের আয়তনের উপর চাপের প্রভাব

বয়েলের সূত্র

1662 খৃষ্টাব্দে রবার্ট বয়েল সর্বপ্রথম চাপের হ্রাসবৃদ্ধির ফলে কোন গ্যাসের আয়তনের হ্রাসবৃদ্ধি সম্পর্কে একটি সূত্র বিবৃত করেন। ইহাকে বয়েলের সূত্র বলে।

বয়েলের সূত্র (Boyle's Law) :—তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখিলে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন চাপের সহিত ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন V এবং ঐ অবস্থায় গ্যাসের চাপ P হইলে

$$P \propto \frac{1}{V}$$

$$\text{বা } PV = \text{ধ্রুবক}$$

অর্থাৎ তাপমাত্রা অপরিবর্তিত অবস্থায় P যতগুণ বাড়ান যায়, V সেই অনুপাতে কমে।

মনে করা যাউক, একটি পিস্টন-যুক্ত সিলিণ্ডারে কিছু পরিমাণ বায়ু আছে ; উহার আয়তন V_1 এবং চাপ P_1 (2.1 নং চিত্র দ্রষ্টব্য)। এখন পিস্টনের উপর ওজন বাড়াইয়া বায়ুর উপর চাপ বাড়ান হইল। এই অবস্থায় চাপ বাড়িয়া P_2 এবং বায়ুর আয়তন কমিয়া V_2 হইল। পুনরায় চাপ বাড়াইলে আয়তন পুনরায় হ্রাস পাইবে। ধরা যাউক, তৃতীয় অবস্থায় বায়ুর বর্ধিত চাপ P_3 এবং আয়তন V_3। বয়েলের সূত্র অনুযায়ী চাপ যে অনুপাতে বর্ধিত করা হইবে, আয়তনও ঠিক সেই অনুপাতে হ্রাস পাইবে ; ফলে চাপ ও আয়তনের গুণফল সর্বদা ধ্রুবক থাকে।

$$P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = K \text{ (ধ্রুবক)}$$

অতএব কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ যথাক্রমে দ্বিগুণ, তিনগুণ ও চারগুণ বাড়াইলে উহার আয়তন যথাক্রমে অর্ধেক, এক-তৃতীয়াংশ ও এক-চতুর্থাংশ হইবে।

চাপ ও ঘনত্বের সম্পর্ক

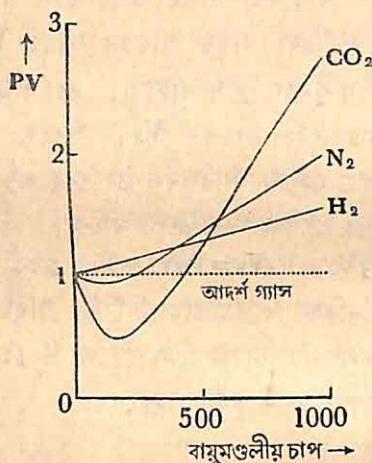
পদার্থের ঘনত্ব উহার আয়তনের সহিত ব্যস্তানুপাতিক। নির্দিষ্ট তাপ-মাত্রায় চাপ P বাড়িলে আয়তন V কমিবে এবং ঘনত্ব D বাড়িবে। অপর-পক্ষে, চাপ P কমাইলে আয়তন V বাড়িবে এবং ঘনত্ব D কমিবে। অতএব ঘনত্ব চাপের সমানুপাতিক, অর্থাৎ

$$D \propto P$$

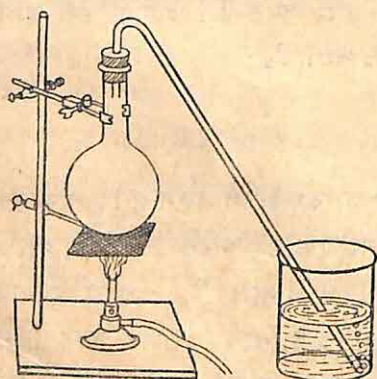
সুতরাং প্রাথমিক পর্যায়ে চাপ P_1 এবং ঘনত্ব D_1 হইলে এবং চাপ বাড়াইয়া P_2 ও ঘনত্ব D_2 হইলে $D_1/D_2 = P_1/P_2$।

বয়েলের সূত্র হইতে বিচ্যুতি

চাপ মোটামুটিভাবে 1 সে. মি. অপেক্ষা কম হইলে সকল গ্যাস বয়েলের সূত্র মানিয়া চলে। কিন্তু সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই অধিক চাপে ইহা হইতে বিচ্যুতি দেখা যায়। বয়েলের সূত্র মানিয়া চলিলে $PV =$ ধ্রুবক হইবার কথা, অর্থাৎ চাপ বাড়াইলে PV অপরিবর্তিত থাকিবে। কোন গ্যাস সকল চাপে বয়েলের সূত্র মানিয়া চলিলে তাহাকে আদর্শ গ্যাস (ideal gas) বলে (2.2 নং চিত্র)। কিন্তু পরীক্ষায় দেখা যায়, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাইঅক্সাইড ইত্যাদি গ্যাসের ক্ষেত্রে অধিক চাপে

PV অপরিবর্তিত থাকে না। বস্তুতঃ কোন গ্যাসকেই সম্পূর্ণ আদর্শ গ্যাস বলা যায় না।

2.2 নং চিত্র—উচ্চ চাপে কয়েকটি গ্যাসের ক্ষেত্রে বয়েলের সূত্র হইতে বিচ্যুতি। (চিত্রে ব্যবহৃত স্কেলে আদর্শ গ্যাসের ক্ষেত্রে PV = 1 ধরা হইয়াছে)।

*2.3 গ্যাসের আয়তনের উপর তাপমাত্রার প্রভাব

তাপমাত্রার পরিবর্তনে গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন উল্লেখযোগ্যরূপে পরিবর্তিত হয়। ইহা নিম্নোক্ত পরীক্ষা হইতে বুঝা যায়।

2.3 নং চিত্র—তাপমাত্রার বৃদ্ধিতে গ্যাসের আয়তন যথেষ্ট বাড়িয়া যায়।

একটি ফ্লাস্কের মুখে ছিদ্রযুক্ত রবারের ছিপি লাগাইয়া তাহার মধ্য দিয়া একটি বাঁকান নির্গম-নল লাগান হইল ; ঐ নলের মুখটি একটি রঙীন জলপূর্ণ পাত্রে ডুবান আছে (2.3 নং চিত্র)। এখন ফ্লাস্কটিকে সামান্য উত্তপ্ত করিলে ভিতরে আবদ্ধ বায়ুর আয়তন বাড়িয়া যাইবে এবং কিছু পরিমাণ বায়ু বুদ্‌বুদের আকারে জলের

মধ্য দিয়া নির্গত হইবে। ফ্লাস্কটি শীতল হইলে বায়ুর আয়তন হ্রাস পাইবে বলিয়া কিছুটা রঙীন জল নির্গম-নলের মধ্য দিয়া প্রবেশ করিবে।

চার্লসের সূত্র

বিভিন্ন কঠিন ও তরল পদার্থের ক্ষেত্রে তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধিতে উহাদের আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি বিভিন্ন হয়। কিন্তু যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের ক্ষেত্রে প্রতি ডিগ্রী তাপমাত্রার হ্রাস-বৃদ্ধিতে আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি সমান হয় বলিয়া ধরা যাইতে পারে।

1787 খৃষ্টাব্দে জে. এ. সি. চার্লস সর্বপ্রথম গ্যাসের এই ধর্মটি লক্ষ্য করেন। 1802 খৃষ্টাব্দে গে. লুসাক এই তথ্যটি সূত্রাকারে প্রকাশ করেন এবং ইহাই চার্লসের সূত্র নামে পরিচিত।

চার্লসের সূত্র (Charle's Law) :—চাপ অপরিবর্তিত রাখিলে প্রতি ডিগ্রী সেল্‌সিয়াস তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন শূন্য ডিগ্রী সেল্‌সিয়াস তাপমাত্রায় উহার আয়তনের 1/273 অংশ হারে বৃদ্ধি পায়।

যদি 0°C-এ কোন গ্যাসের আয়তন হয় V_0 এবং t°C-এ উহার আয়তন বৃদ্ধি পাইয়া হয় V_t, তাহা হইলে

$$V_t = V_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right)$$

$$\therefore \frac{V_t}{V_0} = \frac{273 + t}{273}$$

অনুরূপভাবে −t°C তাপমাত্রায় উহার আয়তন হ্রাস পাইয়া V_{-t} হইলে

$$V_{-t} = V \left(1 - \frac{t}{273}\right)$$

$$\therefore \frac{V_{-t}}{V_0} = \frac{273 - t}{273}$$

1/273 ভগ্নাংশটিকে গ্যাসের **প্রসারণ গুণাঙ্ক** (coefficient of expansion of gas) বলে।

পরম শূন্য তাপমাত্রা

চার্লসের সূত্রানুসারে আমরা জানি, প্রতি 1°C তাপমাত্রার পরিবর্তনে সকল গ্যাসের 0°C-এ আয়তনের 1/273 অংশ আয়তন পরিবর্তিত হয়।

সুতরাং গ্যাসের তাপমাত্রা যদি ক্রমাগত কমান যায়, তবে আয়তনও কমিতে থাকিবে এবং তাপমাত্রা $-273°C$ হইলে চার্লসের সূত্রানুযায়ী আয়তন শূন্য হইবে। $V_t = V_0(1 + t/273)$ সমীকরণে t-এর মান -273 বসাইলে $V_t = 0$ হইবে। কিন্তু বাস্তব ক্ষেত্রে সকল গ্যাসেরই তাপমাত্রা $-273°C$ হইবার পূর্বেই উহা তরলে পরিণত হয়। $-273°C$ তাপমাত্রাকে **পরম শূন্য** (absolute zero) তাপমাত্রা বলে।*

পরম স্কেল

পরম শূন্য তাপমাত্রাকে O° ধরিয়া কেল্‌ভিন তাপমাত্রার একটি নূতন স্কেলের প্রস্তাবনা করেন। এই স্কেলকে **পরম স্কেল** (absolute scale) এবং এই স্কেলে নির্ধারিত তাপমাত্রাকে **কেল্‌ভিন তাপমাত্রা** (°K) বা **পরম তাপমাত্রা** (°A) বলে। সেল্‌সিয়াস ডিগ্রী t-এর সঙ্গে 273 যোগ করিয়া পরম তাপমাত্রা T নির্ণয় করা হয়।

$$T(°K) = t(°C) + 273$$

উদাহরণস্বরূপ, কোন বস্তুর তাপমাত্রা 5°C হইলে পরম স্কেলে উহার তাপমাত্রা হইবে $5 + 273 = 278°K$। যেহেতু

$$V_t = V_0\left(\frac{273 + t}{273}\right) = \frac{V_0 T}{273}$$

অতএব পরম স্কেলে তাপমাত্রা মাপা হইলে চার্লসের সূত্রকে নিম্নলিখিত-ভাবে প্রকাশ করা যায় :—

$$V \propto T$$

অর্থাৎ চাপ অপরিবর্তিত থাকিলে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন উহার পরম তাপমাত্রার সহিত সমানুপাতিক।

---

* কোন বস্তু হইতে সকল তাপশক্তি বাহির করিয়া লইলে তাহা পরম শূন্য তাপমাত্রা লাভ করিবে। এই তাপমাত্রায় অণুসমূহের কোন অক্রম (অর্থাৎ বিশৃঙ্খল) গতি থাকিবে না বলিয়া ধরা হয়।

আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রার পারস্পরিক সম্পর্ক

বয়েলের সূত্রানুসারে t (অর্থাৎ T) স্থির থাকিলে

$$V \alpha \frac{1}{P}$$

আবার চার্লসের সূত্রানুসারে T স্থির থাকিলে

$$V \alpha T$$

অতএব চাপ ও তাপমাত্রা উভয়েই একত্রে পরিবর্তিত হইলে

$$V \alpha \frac{T}{P}$$

$$\text{বা } \frac{PV}{T} = \text{ধ্রুবক}$$

ইহাই বয়েল ও চার্লসের সূত্রের মিলিত সমীকরণ।

2.4 অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প ও আণবিক গুরুত্ব

গ্যাসায়তনিক সূত্র

বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে 1808 খৃষ্টাব্দে গে লুসাক সর্বপ্রথম এক সূত্র নির্ধারণ করেন। ইহাকে গে লুসাকের গ্যাসায়তনিক সূত্র বলে।

গ্যাসায়তনিক সূত্র (Law of gaseous volumes) :—দুই বা ততোধিক গ্যাসীয় পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ-গ্রহণকারী গ্যাসসমূহের এবং বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির (যদি গ্যাসীয় হয়) আয়তন একই চাপ ও তাপমাত্রায় সর্বদা সরল অনুপাতে থাকে।

এক আয়তন নাইট্রোজেন তিন আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়ায় দুই আয়তন অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে। অতএব বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থগুলির আয়তনের অনুপাত 1 : 3 : 2। ইহা একটি সরল অনুপাত।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প

জন ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুসারে রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় মৌলিক উপাদানগুলির পরমাণু সরল আনুপাতিক সংখ্যায় মিলিত হয়। গ্যাসায়তনিক সূত্র ও পরমাণুবাদের উপর ভিত্তি করিয়া বার্জেলিয়াস প্রস্তাব

করেন যে, সম-আয়তন গ্যাসে সমসংখ্যক পরমাণু থাকে। কিন্তু পরে ইহা ত্রুটিপূর্ণ বলিয়া প্রমাণিত হয়। 1811 খৃষ্টাব্দে অ্যামেদেও অ্যাভোগাড্রো দুই মতবাদের মধ্যে সামঞ্জস্য বিধান করিয়া একটি সূত্র নির্ধারণ করেন; ইহা অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প নামে পরিচিত।

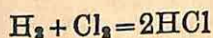
অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প (Avogadro's hypothesis) :— **একই চাপ ও তাপমাত্রায় সকল গ্যাসের সমান আয়তনে সমসংখ্যক অণু বর্তমান।**

পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা পদার্থটির সকল ধর্ম বজায় রাখিয়া মুক্ত অবস্থায় থাকিতে পারে, তাহাই হইল অণু।

অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী চাপ ও তাপমাত্রা সমান থাকিলে 1 সি.সি. (ঘন সেণ্টিমিটার) নাইট্রোজেন, 1 সি. সি. হাইড্রোজেন অথবা 1 সি. সি. অ্যামোনিয়া গ্যাসে সমানসংখ্যক অণু বর্তমান থাকে।

অণু (Molecule)

অ্যাভোগাড্রো উপলব্ধি করিয়াছিলেন, গ্যাসের যে ক্ষুদ্রতম কণা মুক্ত অবস্থায় থাকিতে পারে, উহা পরমাণু নয়, অণু। এই অণু একাধিক পরমাণু দ্বারা গঠিত হইতে পারে; যেমন হাইড্রোজেন অণুতে (H_2) দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু থাকে। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অণুর বিভাজন সম্ভব। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন অণু ও ক্লোরিন অণু ভাঙ্গিয়া যথাক্রমে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও দুইটি ক্লোরিন পরমাণু উৎপন্ন হয়। একটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি ক্লোরিন পরমাণু সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের একটি অণু গঠিত হয়।

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

গ্যাসীয় অবস্থায় মৌলিক পদার্থের অণুতে 1টি হইতে 8টি পর্যন্ত পরমাণু থাকিতে পারে; যথা সোডিয়াম অণু হইতেছে Na, অক্সিজেন অণু O_2, ওজোন অণু O_3, ফসফরাস অণু P_4, সালফার অণু S_8 ইত্যাদি।

অণু দুই প্রকার: মৌলিক পদার্থের অণু এবং যৌগিক পদার্থের অণু। ইহাদিগকে যথাক্রমে মৌলিক অণু এবং যৌগিক অণু বলে। মৌলিক পদার্থের অণু একই প্রকার পরমাণুর সংযোগে গঠিত কিন্তু যৌগিক পদার্থের অণু বিভিন্ন প্রকার পরমাণুর সংযোগে গঠিত।

আণবিক গুরুত্ব

পারমাণবিক গুরুত্বের ন্যায় আণবিক গুরুত্বকে একইভাবে প্রকাশ করা হয়। (অক্সিজেন পরমাণুর ভরকে 16 ধরিয়া সেই তুলনায় কোন পদার্থের অণু যতগুণ ভারী, তাহাকে পদার্থটির **আণবিক গুরুত্ব** (molecular weight) বলে।) অর্থাৎ

$$\text{আণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{মৌলের বা যৌগের অণুর ভর}}{\text{অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ভর}} \times 16$$

সুতরাং আণবিক গুরুত্ব একটি সংখ্যা মাত্র। যেহেতু কোন মৌল বা যৌগের অণুর ভর উহার অন্তর্গত পরমাণুগুলির মোট ভরের সমান, সেইজন্য আণবিক গুরুত্বকে পারমাণবিক গুরুত্বের সমষ্টি হিসাবে প্রকাশ করা যায়; যেমন—সালফিউরিক অ্যাসিডের অণুতে (H_2SO_4) দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু, একটি সালফার পরমাণু ও চারিটি অক্সিজেন পরমাণু রহিয়াছে বলিয়া সালফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক গুরুত্ব হইতেছে $2 \times 1 + 1 \times 32 + 4 \times 16 = 98$।

(কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্বের সমানসংখ্যক গ্র্যামকে পদার্থটির **গ্র্যাম আণবিক গুরুত্ব** (gram molecular weight) বা **মোল** (mol) বলে।) অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব হইতেছে 32; এক মোল অক্সিজেন বলিলে 32 গ্র্যাম অক্সিজেন বুঝায়।

কোন কোন সময়ে হাইড্রোজেনকে একক ধরিয়া আণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ করা হয়। অক্সিজেন = 16, এই এককে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব হয় 1.008। অতএব উপরিউক্ত সংজ্ঞা অনুযায়ী নির্ণীত আণবিক গুরুত্ব হাইড্রোজেনকে একক ধরিয়া আণবিক গুরুত্ব হইতে সামান্য পৃথক হয়।

2.5 অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের প্রয়োগ ও অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা

রাসায়নিক গণনার ক্ষেত্রে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের গুরুত্ব সমধিক। এই প্রকল্পের নিম্নলিখিত প্রয়োগগুলি রহিয়াছে।

(1) ইহা দেখান যায় যে, হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ইত্যাদি কয়েকটি গ্যাসের অণু দ্বি-পরমাণুক।

(2) যে-কোন গ্যাসীয় পদার্থের আণবিক সংকেত নির্ণয় করা সম্ভব।

(3) গ্যাসীয় মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যাইতে পারে।

(4) ইহা প্রমাণ করা যায় যে, যে-কোন গ্যাসীয় মৌল বা যৌগের আণবিক গুরুত্ব উহার বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ।

(5) ইহা জানা গিয়াছে যে, নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে 1 মোল পরিমাণ সকল গ্যাসের আয়তন সমান এবং প্রমাণ্ তাপমাত্রা ও চাপে (S. T. P.)* ঐ আয়তন 22·4 লিটার।

শেষোক্ত দুইটি প্রয়োগ সম্পর্কে এখন আলোচনা করা হইবে।

আণবিক গুরুত্ব ও বাষ্পীয় ঘনত্বের মধ্যে সম্পর্ক

একই তাপমাত্রা ও চাপে কোন গ্যাসের ওজন উহার সম-আয়তন হাইড্রোজেনের ওজনের তুলনায় যতগুণ বেশী, সেই সংখ্যাকে উক্ত গ্যাসীয় পদার্থের **বাষ্প-ঘনত্ব** (vapour density) বলা হয়। তাপমাত্রা ও চাপ একই হইলে

$$\text{বাষ্প-ঘনত্ব } (D) = \frac{V \text{ আয়তনের গ্যাসের ওজন}}{V \text{ আয়তনের হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

আমরা জানি, এই অবস্থায় সম-আয়তন সকল গ্যাসে অণুর সংখ্যা সমান। মনে করা যাউক, V আয়তনে x অণু বর্তমান। অতএব

$$D = \frac{\text{গ্যাসের } x \text{ অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের } x \text{ অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের 1 অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 1 অণুর ওজন}}$$

$$= \frac{\text{গ্যাসের 1 অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 2 পরমাণুর ওজন}}$$

হাইড্রোজেনকে একক ধরিয়া আণবিক গুরুত্ব (M) নির্ণয় করিলে

$$D = M/2$$

$$\text{বা} \quad M = 2D$$

* প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপ (standard (বা normal) temperature and pressure, সংক্ষেপে S. (বা N.) T. P.) বলিতে 0°C ও 76 সে. মি: চাপ বুঝায়।

সুতরাং যে-কোন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব উহার বাষ্প-ঘনত্বের দ্বিগুণ।

অক্সিজেন $=16$, এই এককে আণবিক গুরুত্বকে প্রকাশ করিলে উপরের সম্পর্কটি ঈষৎ পরিবর্তিত হয়। এক্ষেত্রে $M=2 \cdot 016D$। বাষ্প-ঘনত্বের পরীক্ষালব্ধ ফল হইতে পদার্থের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করা যায়।

এক মোল পরিমাণ গ্যাসের আয়তন

প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে (S. T. P.) যে-কোন গ্যাসের বাষ্প-ঘনত্ব হইল

$$D = \frac{1 \text{ লিটার গ্যাসের ওজন}}{1 \text{ লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে, প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন $=0 \cdot 09$ গ্র্যাম।*

$$\therefore \quad 1 \text{ লিটার গ্যাসের ওজন} = D \times 0 \cdot 09 \text{ গ্র্যাম}$$

আমরা জানি, অক্সিজেন $=16$, এই এককে প্রকাশ করিলে গ্যাসের গ্র্যাম আণবিক গুরুত্ব

$$M = 2 \cdot 016\, D$$

$$\text{বা} \quad D = \frac{M}{2 \cdot 016}$$

D-এর এই মান পূর্বের সমীকরণে বসাইলে

$$1 \text{ লিটার গ্যাসের ওজন} = \frac{M}{2 \cdot 016} \times 0 \cdot 09 \text{ গ্র্যাম} = \frac{M}{22 \cdot 4} \text{ গ্র্যাম}$$

$\therefore$ M গ্র্যাম গ্যাসের আয়তন $=22 \cdot 4$ লিটার।

সুতরাং প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে সকল গ্যাসের এক মোল পরিমাণ গ্যাসের আয়তন হইতেছে $22 \cdot 4$ লিটার।

অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা

এক মোল পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে সর্বদা $22 \cdot 4$ লিটার। অতএব অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী এই পরিমাণ যে-কোন গ্যাসে অণুর সংখ্যা সর্বদাই সমান। (এক গ্র্যাম আণবিক

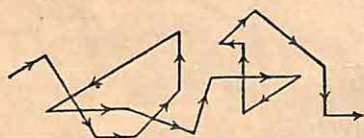
* এইরূপ ক্ষেত্রে ওজন বলিতে ভরকেই বুঝান হয়।

গুরুত্ব বা মোল পরিমাণ গ্যাসে অণুর সংখ্যাকে **অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা** (Avogadro's number) বলে। এই সংখ্যাটি হইতেছে $6 \cdot 03 \times 10^{23}$।

অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের গ্র্যাম-আণবিক গুরুত্ব যথাক্রমে 32 গ্র্যাম ও 2·016 গ্র্যাম। সুতরাং 32 গ্র্যাম অক্সিজেনে যতগুলি অণু ($6 \cdot 03 \times 10^{23}$) আছে, 2·016 গ্র্যাম হাইড্রোজেনেও ততগুলি অণু আছে।

2.6 গ্যাসীয় পদার্থের অণুর গতি

গ্যাসীয় পদার্থের অণুসমূহ সর্বদাই অত্যন্ত গতিশীল। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, আমাদের চারিপাশের বায়ুর অণুসমূহের গড় গতি প্রতি সেকেণ্ডে প্রায় 400 মিটার।

বোল্‌ৎস্‌মান, ক্লসিয়াস, ম্যাক্সওয়েল প্রমুখ বিজ্ঞানীদের প্রচেষ্টায় উনবিংশ শতাব্দীর মধ্যভাগে গ্যাসের **গতীয় তত্ত্ব** (kinetic theory) প্রতিষ্ঠিত হয়। এই তত্ত্ব অনুসারে অণুসমূহের গতি সর্বদিকেই বিদ্যমান এবং এই গতি বিশৃঙ্খল বা অক্রম (random)। এই গতির জন্য অণুসমূহের পারস্পরিক সংঘর্ষ হয় এবং প্রতিবার সংঘর্ষের ফলে গতির দিক পরিবর্তিত হয়। একটি অণুর গতি যদি দেখা সম্ভব হইত, তাহা হইলে তাহা 2. 4 নং চিত্রানুরূপ দেখাইত। অণুসমূহের অক্রম গতি সর্বদিকে সমভাবে থাকে বলিয়া ইহার জন্য গ্যাসীয় পদার্থের কোন নির্দিষ্ট দিকে গতি থাকে না। গ্যাসীয় অণুর অক্রমগতি-জনিত মোট যে গতীয় শক্তি, তাহাই বস্তুর তাপশক্তিরূপে প্রকাশ পায়। এই গতির জন্য অণুসমূহ আবদ্ধ পাত্রের অভ্যন্তরস্থ দেওয়ালে ক্রমাগত আঘাত করে। এই আঘাতের ফলে গ্যাসীয় পদার্থ আবদ্ধ পাত্রের দেওয়ালে চাপ প্রদান করে। গ্যাসীয় পদার্থকে আবদ্ধ না করিলে তাহা অণুগুলির গতির জন্য চারিদিকে ছড়াইয়া পড়ে।

2.4 নং চিত্র—গ্যাসীয় পদার্থের অণুর গতি

গতীয় তত্ত্ব অনুসারে গ্যাসীয় অণুসমূহ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কঠিন গোলাকার কণা এবং তাহাদের মধ্যে পারস্পরিক কোন আকর্ষণ-বল নাই। অণুর গতির মান অত্যন্ত অল্প হইতে সুরু করিয়া অত্যন্ত বেশী হইতে পারে। কোন তাপমাত্রায় কতগুলি অণু কি পরিমাণ গতিসম্পন্ন হয়, তাহা ম্যাক্স-

ওয়েল-প্রবর্তিত একটি নিয়ম হইতে জানিতে পারা যায়। এই নিয়ম হইতে অণুসমূহের গড় গতি* নির্ধারণ করা যায়। তাপের প্রয়োগে অণুসমূহের গতি বাড়িয়া যায় ; এইজন্য উচ্চ তাপমাত্রায় অণুসমূহের গড় গতিও বাড়ে।

গতীয় তত্ত্ব অনুসারে প্রমাণ করা যায় যে, যদি V আয়তনবিশিষ্ট পাত্রে একটি গ্যাস আবদ্ধ থাকে এবং উহার অন্তর্গত অণুর সংখ্যা N, প্রত্যেকটি অণুর ভর m ও অণুসমূহের গতির বর্গের গড় c^2 হয়, তাহা হইলে চাপ P নিম্নোক্ত সূত্র দ্বারা প্রকাশ করা যায়।

$$PV = \frac{1}{3} mNc^2$$
$$= \frac{2}{3} \times \left(\frac{1}{2} m \times N c^2\right)$$
$$= \frac{2}{3} \times \left(\text{অণুসমূহের মোট গতীয় শক্তি}\right)$$

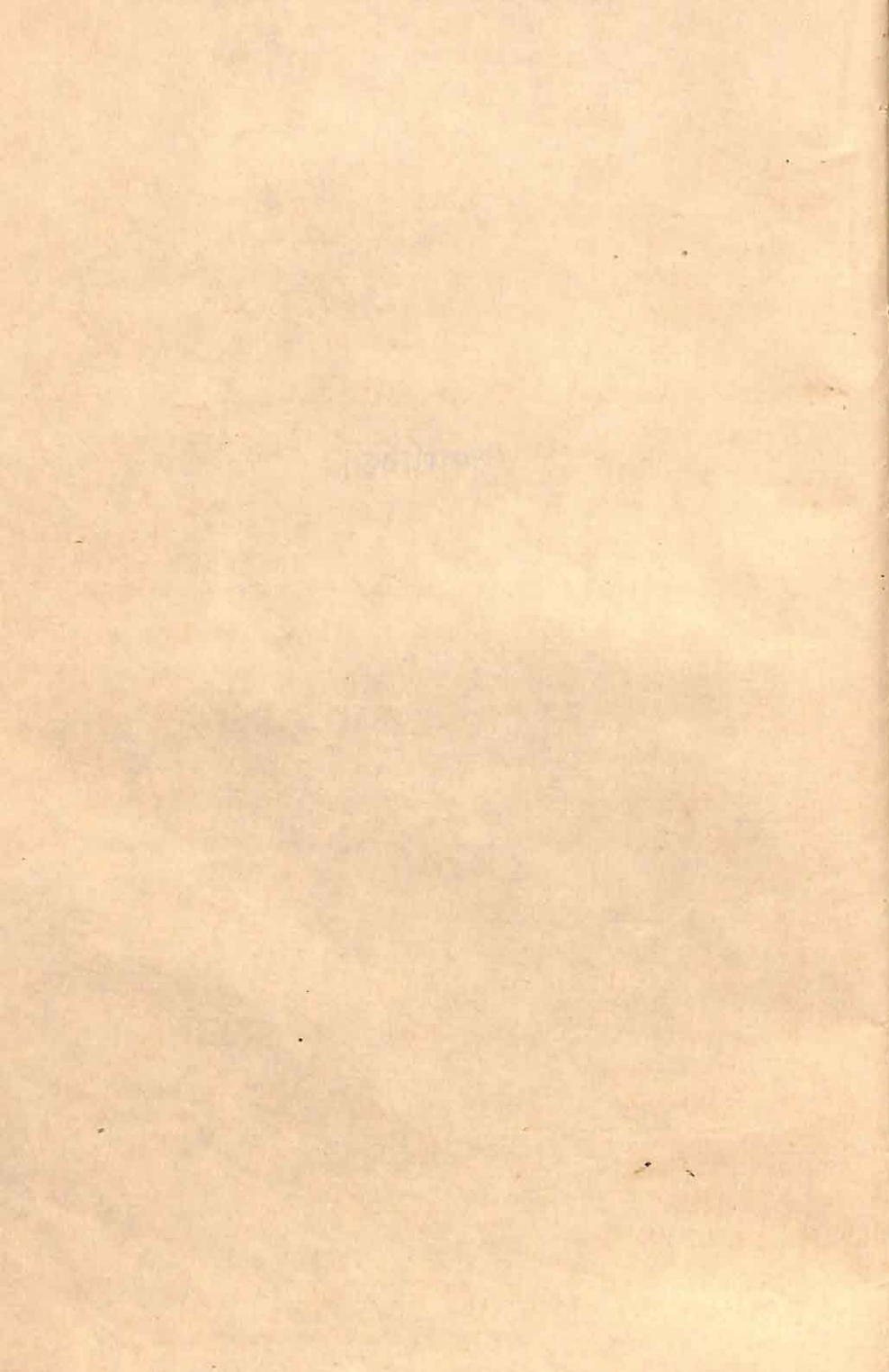
তাপমাত্রা বাড়াইলে অণুসমূহের গতীয় শক্তি বাড়িয়া যায় ; এই গতীয় শক্তি গ্যাসের পরম তাপমাত্রার সহিত সমানুপাতিক। সুতরাং উপরের সূত্র অনুযায়ী

$$PV \propto T$$
বা $$PV = KT$$

এখানে K একটি ধ্রুবক। এই সমীকরণ হইতে বয়েলের সূত্র, চার্লসের সূত্র এবং অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুসিদ্ধান্ত হিসাবে পাওয়া যায়।

গ্যাসের পরিমাণ এক মোল হইলে PV = KT, এই সূত্রটিতে K ধ্রুবকটিকে R দ্বারা নির্দেশ করা হয় ; অর্থাৎ এক মোল গ্যাসের ক্ষেত্রে PV = RT। সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই এই সমীকরণটি প্রযোজ্য। Rকে **গ্যাস ধ্রুবক** (gas constant) বলে। ইহার মান 8.317×10^7 আর্গ/°C = 1.988 ক্যালরি/°C।

* বিভিন্ন অণু বিভিন্ন গতিযুক্ত হয় বলিয়া গতীয় তত্ত্বে গড় গতি প্রায়ই ব্যবহৃত হয়। এই গড় নানাভাবে নির্ণয় করা যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে গতিসমূহের বর্গ করিয়া সেই বর্গ-গুলির গড়ের বর্গমূলকে (root mean square velocity) গড় গতি বলিয়া ধরা হয়। এই সব স্থলে গতি বলিতে গতির মান অর্থাৎ দ্রুতিকে বিবেচনা করা হয়।

পদার্থবিদ্যা

তৃতীয় অধ্যায়

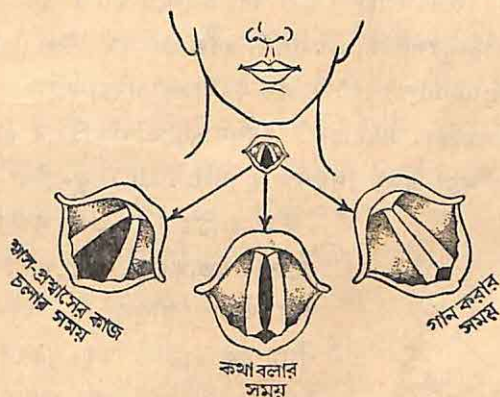
শব্দ
(Sound)

পাঠ্যসূচী :

শব্দের উৎস : কম্পন দ্বারা শব্দের উৎপত্তি ; শব্দের বিস্তার ; শব্দের জন্য মাধ্যমের প্রয়োজন ; কম্পাঙ্ক এবং তীক্ষ্ণতা ; শব্দের বেগ ; শব্দের প্রতিফলন ও প্রতিধ্বনি ; শ্রুতিমধুর শব্দ এবং শ্রুতিকটু শব্দ ; শব্দোত্তর তরঙ্গ ও তাহার প্রয়োগ।

3.1 শব্দের উৎপত্তি

শব্দের উৎস

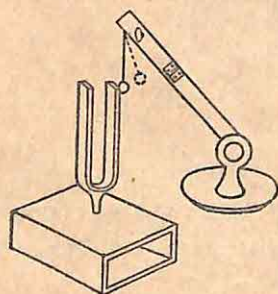
লোকের কথাবার্তার শব্দ, গাড়ী চলিবার শব্দ, রেডিওর শব্দ প্রভৃতি নানাবিধ শব্দ আমরা প্রতিদিন শুনিয়া থাকি। যে বস্তু শব্দ উৎপাদন করে, তাহাকে **স্বনক** (sounding body) বলে। যে-কোন রকমের শব্দই হউক না কেন, তাহা বস্তুর কম্পন দ্বারা উৎপন্ন হয়। যখন স্বনকের কম্পন

3.1নং চিত্র—স্বরতন্ত্রী নামক দুইটি পর্দার কম্পনের ফলে আমাদের কণ্ঠ হইতে স্বর নিঃসৃত হয়। ঐ সময় উহাদের মধ্যকার ফাঁক কমিয়া যায় এবং ফুসফুস হইতে নির্গত বায়ু উহাদের কাঁপাইতে থাকে।

দ্রুত হয়, তখন চোখে তাহা দেখিতে পাওয়া না গেলেও হাত দিয়া অনুভব করা যাইতে পারে। একটি কাঁসার বাটিতে সামান্য আঘাত করিলেই শব্দের সৃষ্টি হয়। হাত দিয়া বাটিটি স্পর্শ করিলে বুঝা যায় যে, উহা কাঁপিতেছে। কোন তারের বাদ্যযন্ত্রের (যেমন সেতার, এস্রাজ, বেহালা, গিটার প্রভৃতি)

একটি তার একদিকে একটু টানিয়া ছাড়িয়া দিলে শব্দের সৃষ্টি হয়; তারটিকে যেরূপ অস্পষ্ট দেখায়, তাহা হইতে বুঝা যায়, তারটি কাঁপিতেছে! আঙ্গুল দিয়া তারটি চাপিয়া ধরিলে অর্থাৎ উহার কম্পন বন্ধ করিয়া দিলে শব্দ থামিয়া যায়। আমাদের দেহে শ্বাসনালীর উপরদিকে দুই পার্শ্বে স্বরতন্ত্রী (vocal cord) নামে যে দুইটি পাতলা পর্দা আছে, তাহাদের কম্পনের ফলেই আমাদের কণ্ঠ হইতে স্বর নিঃসৃত হয় (3.1 নং চিত্র)। এই সকল দৃষ্টান্ত হইতে আমরা বলিতে পারি যে, শব্দ সৃষ্টির জন্য কম্পনশীল বস্তুর প্রয়োজন।

সুরশলাকার সাহায্যে পরীক্ষা

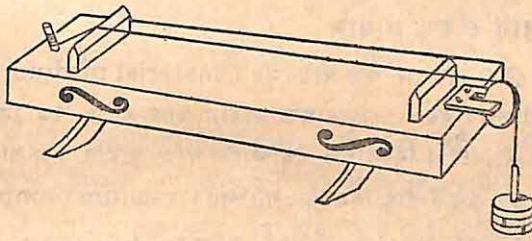
শব্দবিজ্ঞানের বিভিন্ন পরীক্ষায় শব্দ সৃষ্টি করিবার জন্য সুরশলাকা (tuning fork) নামে একটি বিশেষ আকৃতির দণ্ড ব্যবহার করা হয়। ইহার আকৃতি ইংরাজী U-অক্ষরের ন্যায়। U-আকৃতির নীচের দিকে একটি হাতল থাকে। সুরশলাকা ইস্পাত দিয়া তৈয়ার করা হয়। রবারের প্যাড-যুক্ত হাতুড়ি দিয়া সুরশলাকার যে-কোন বাহুতে আঘাত করিলে ইস্পাতের স্থিতিস্থাপকতার (elasticity) জন্য উহা কাঁপিতে থাকে এবং শব্দের সৃষ্টি করে। যে-কোন সুরশলাকার বৈশিষ্ট্য হইল এই যে, উহা একটি নির্দিষ্ট কম্পাঙ্ক* (frequency) বিশিষ্ট শব্দ উৎপাদন করিয়া থাকে।

শব্দ সৃষ্টির পরীক্ষার জন্য একটি সুরশলাকাকে খাড়াভাবে রাখিয়া উহার একটি বাহুর সংস্পর্শে একটি পিথ-বল (pith ball) ঝুলাইয়া রাখা হইল (3.2 নং চিত্র)। (এই বল বিশেষ প্রকার বৃক্ষের অভ্যন্তরস্থ মজ্জা দ্বারা গঠিত এবং ইহা অত্যন্ত হাল্‌কা)। এইবার রবারের প্যাড-যুক্ত হাতুড়ি দিয়া সুরশলাকার একটি বাহুতে আঘাত করিলে শব্দের সৃষ্টি হয়। এখন দেখা যাইবে যে, পিথ-বলটি সুরশলাকার নিকট হইতে বারংবার দূরে ছিটকাইয়া যাইতেছে। ইহা হইতে বুঝা যায়, সুরশলাকার ঐ বাহুটি কাঁপিতেছে এবং সেই বাহুতে আঘাত পাইয়াই পিথ-বলটি পুনঃ পুনঃ সরিয়া যাইতেছে।

3.2 নং চিত্র—সুরশলাকা ও পিথ-বলের পরীক্ষা

* কম্পাঙ্কের সংজ্ঞার জন্য 3.3 নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

সুরশলাকাটির শব্দ থামিয়া গেলে পিথ-বলটি আর সরিয়া যায় না। ইহা হইতে বুঝা যায়, সুরশলাকাটির কম্পন থামিয়া গিয়াছে।

স্বনমাপক যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা

স্বনমাপক যন্ত্রে (sonometer) একটি ধাতব তার একখানি আয়তাকার কাঠের বাক্সের উপর টানভাবে অবস্থান করে (3.3 নং চিত্র)। তারটির একটি প্রান্ত বাক্সের উপরিভাগের এক কিনারায় একটি ধাতুদণ্ডে বাঁধিয়া রাখা হয়। তারটির অন্য প্রান্ত বাক্সটির অপর কিনারায় সংযুক্ত কপিকলের

3.3 নং চিত্র—স্বনমাপক যন্ত্র

উপর দিয়া লইয়া তাহা হইতে একটি গুরুভার দ্রব্য হুকের সাহায্যে ঝুলাইয়া দেওয়া হয়। বিভিন্ন ওজনের দ্রব্য ব্যবহার করিয়া তারের উপর **টানের** (tension) হ্রাস-বৃদ্ধি করা যায়। কাঠের বাক্সের উপর তারটির নীচ দিয়া দুইটি ত্রিকোণাকৃতি কাঠের সেতু থাকে ; উহাদের মধ্যকার দূরত্বের পরিবর্তন করিয়া তারের কম্পমান অংশের দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন করা যায়।

এইবার দুইটি সেতুর মধ্যবর্তী তারের অংশটিকে সামান্য টানিয়া ছাড়িয়া দিলে এই অংশটি কম্পিত হইতে থাকে এবং উহা হইতে শব্দ শোনা যায়। এই অবস্থায় তারটিকে স্পষ্টভাবে দেখা যায় না, কিন্তু হাত দিয়া উহার কম্পন অনুভব করা যায়। একটি পিথ-বল তারটির সংস্পর্শে আনিলে উহা ছিটকাইয়া পড়ে। তারটির কম্পনের জন্য কাঠের বাক্সের অভ্যন্তরস্থ বায়ুও কাঁপিতে থাকে ; ইহাতে শব্দের প্রাবল্য বাড়িয়া যায়।

স্বনকের কম্পাঙ্ক

ইহা উল্লেখ করা প্রয়োজন যে, স্বনকের কম্পাঙ্ক একটি নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে থাকিলে তবেই উহা শ্রবণেন্দ্রিয়ে শব্দের অনুভূতি জাগায়। এই কম্পাঙ্ক প্রতি সেকেণ্ডে 20 অপেক্ষা কম বা 20,000 অপেক্ষা বেশী হইলে

তাহাতে আমাদের কর্ণে শব্দের অনুভূতি হয় না। তবে ব্যক্তিভেদে শ্রবণেন্দ্রিয়গ্রাহ্য শব্দের উচ্চতম কম্পাঙ্ক বিভিন্ন হয়। বিড়াল, বাদুড় প্রভৃতি প্রাণী মনুষ্যের তুলনায় উচ্চতর কম্পাঙ্কের শব্দ শুনিতে পায়।

3.2 শব্দের বিস্তার

কম্পনশীল বস্তু হইতে শব্দের উৎপত্তি হয় এবং সেই শব্দ আমরা কান দিয়া শুনিয়া থাকি। শব্দ কিরূপে উৎস হইতে কান পর্যন্ত আসিয়া পৌঁছায়, আমরা এখন তাহা আলোচনা করিব।

শব্দের বিস্তার ও জড় মাধ্যম

পরীক্ষায় দেখা যায় যে, জড় মাধ্যমের (material medium) সাহায্যে শব্দের বিস্তার সম্ভব হয়। কোন জড় মাধ্যম ব্যতীত যে শব্দ বিস্তার লাভ করিতে পারে না, তাহা নিম্নবর্ণিত পরীক্ষাটির দ্বারা প্রমাণ করা যায়।

পরীক্ষা :—একটি বায়ু-নিষ্কাশন পাম্পের (vacuum pump) ছিদ্রযুক্ত আসনের উপর একটি বড় বেলজার বসান হইল (3.4 নং চিত্র)। বেলজার হইল বেল (bell) অর্থাৎ ঘণ্টার আকৃতি-বিশিষ্ট কাচের পাত্র; উহার নীচের দিক উন্মুক্ত থাকে। বেলজারের যে অংশ আসনের সংস্পর্শে রহিয়াছে, তাহা ভেসেলিন দিয়া এমনভাবে আটকাইয়া দেওয়া হইল, যাহাতে তাহা বায়ুনিরুদ্ধ হয়। বেলজারটির ভিতরে একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টা (electric bell) রাখা হইয়াছে এবং বেলজারের মুখে একটি রবারের ছিপি বায়ুনিরুদ্ধ-ভাবে আটকান আছে। রবারের ছিপির ভিতর দুইটি অতি সরু ছিদ্রের মধ্য দিয়া দুইটি তার বৈদ্যুতিক ঘণ্টা হইতে বাহিরে আনা হইয়াছে। তড়িৎকোষ E ও চাবি K-এর সহিত উহাদের সংযুক্ত করা হইল। বাহির হইতে K-চাবিটি বন্ধ করিলে বৈদ্যুতিক ঘণ্টার মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালিত হয় এবং ঘণ্টা বাজিতে থাকে ও উহার শব্দ বেশ স্পষ্টভাবে শোনা

3.4 নং চিত্র—শূন্য স্থানের মধ্য দিয়া শব্দের বিস্তার হইতে পারে না।

যায়। এইবার পাম্প চালাইয়া বেলজারটি বায়ুশূন্য করা হইতে লাগিল। ঘণ্টার শব্দ ক্রমশঃ ক্ষীণ হইতে থাকে এবং বেলজারটি যথেষ্ট বায়ুশূন্য হইলে ঐ শব্দ আর শোনা যায় না ; কিন্তু বাহির হইতে দেখা যায় যে, ঘণ্টার উপর হাতুড়ির ঘা ঠিকই পড়িতেছে। এইবার পাত্রের ভিতরে ধীরে ধীরে যত বায়ু প্রবেশ করান হইবে, ততই ঘণ্টার শব্দও ক্রমশঃ স্পষ্ট হইয়া উঠিবে এবং একসময়ে ঠিক পূর্বের মতই শব্দ শোনা যাইবে।

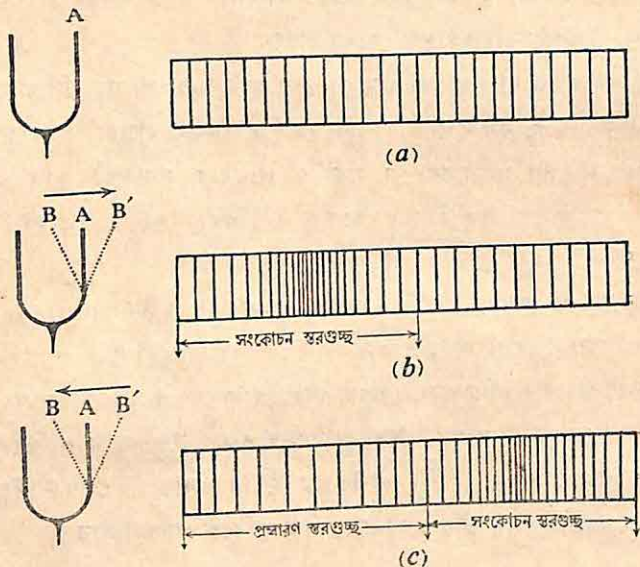
এই পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে, শূন্য স্থান দিয়া শব্দের বিস্তার সম্ভব নয়। শব্দের বিস্তারের জন্য জড় মাধ্যমের (এইক্ষেত্রে বায়ুর) প্রয়োজনীয়তা রহিয়াছে। প্রসঙ্গতঃ উল্লেখ্য যে, সূর্য ও পৃথিবীর মধ্যবর্তী স্থান বায়ুশূন্য বলিয়া সূর্যে প্রচণ্ড শব্দ উৎপন্ন হইলেও পৃথিবী হইতে তাহা শোনা যাইবে না।

বায়ু ব্যতীত অন্যান্য গ্যাসীয় অথবা তরল বা কঠিন মাধ্যমের ভিতর দিয়া যে শব্দের বিস্তার ঘটে, তাহার বিবিধ উদাহরণ দেখিতে পাওয়া যায়। জলে ডুব দিয়া যদি হাততালি দেওয়া যায়, তবে সেই হাততালির শব্দ বেশ জোরেই কানে শোনা যায়। লম্বা টেবিলের এক প্রান্তে কান পাতিলে অন্য প্রান্তের সামান্য শব্দও বেশ স্পষ্টভাবে শোনা যায়। রেল লাইনে কান রাখিয়া দূরবর্তী রেলগাড়ীর আগমনের শব্দ শুনিতে পাওয়া যায়।

শব্দবিস্তারের পদ্ধতি

কোন বস্তুকে আঘাত করিলে বস্তুকণাসমূহ কম্পিত হইতে থাকে, অর্থাৎ কণাসমূহ স্থির অবস্থায় যেখানে ছিল, তাহার দুই দিকে সমপরিমাণ দূরত্ব পর্যন্ত আন্দোলিত হয়। এইরূপ কম্পনের সময় বস্তুকণাসমূহ উহাদের সংলগ্ন বায়ুকণাগুলিকে আঘাত করিয়া তাহাদিগকে আন্দোলিত করে এবং বায়ুকণাগুলিও স্থির অবস্থানের দুই পার্শ্বে আন্দোলিত হইতে থাকে। সেই বায়ুকণাসমূহ আবার তাহাদের সহিত সংলগ্ন অন্য বায়ুকণাসমূহকে আন্দোলিত করে। এইভাবে পরপর পার্শ্ববর্তী বায়ুকণাসমূহে কম্পন সঞ্চালিত হয়। এইরূপে ধারাবাহিকভাবে কম্পন কর্ণে আসিয়া পৌঁছাইলে কর্ণপটাহও আন্দোলিত হয়। কর্ণপটাহের আন্দোলনের ফলে মস্তিষ্কে শব্দের অনুভূতি জন্মে।

শব্দবিস্তারের পদ্ধতি বিশদভাবে বুঝিবার জন্য কোন সুরশলাকার

কম্পনের ফলে উদ্ভূত শব্দ কিভাবে ছড়াইয়া পড়ে, তাহা আলোচনা করা যাউক। সুরশলাকার স্থির অবস্থায় উহার বাহুসংলগ্ন বায়ুর স্তরগুলির ঘনত্ব সর্বত্র সমান থাকে (3·5(a) নং চিত্র)। সুরশলাকাকে আঘাত করিলে তাহার বাহু স্থির অবস্থান A হইতে বামে B ও দক্ষিণে B′ স্থান পর্যন্ত পর্যাবৃত্ত গতিতে* আন্দোলিত হয় (3·5(b) নং চিত্র)। কম্পিত হইবার

3.5 নং চিত্র—সুরশলাকার কম্পনের ফলে বায়ুতে সংকোচন ও প্রসারণ স্তরগুচ্ছের উৎপত্তি

সময় বাহুটি B হইতে দক্ষিণ দিকে B′ অবস্থানে যাইবার সময় উহার সম্মুখস্থ বায়ুস্তরকে চাপ দিয়া সংকুচিত করে। এই সংকুচিত বায়ুস্তর তাহার বিপরীত পার্শ্বস্থ বায়ুস্তরের উপর চাপ দেয় ও তাহা সংকুচিত হয়। এইভাবে পরপর বায়ুস্তর সংকুচিত হইয়া একটি সংকোচন স্তরগুচ্ছের সৃষ্টি করে

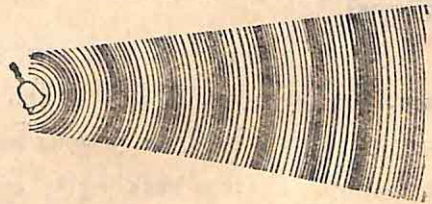
---

* পর্যাবৃত্ত গতি : কোন গতি একটি নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে পুনরাবৃত্ত হইলে সেই গতিকে পর্যাবৃত্ত গতি (periodic motion) বলে। কোন বস্তুর পর্যাবৃত্ত গতি থাকিলে নির্দিষ্ট সময়ের ব্যবধানে উহার অবস্থান ও গতি একই হইয়া থাকে এবং বস্তুটি নির্দিষ্ট সময়ে একই পথ বারংবার অতিক্রম করে। এই নির্দিষ্ট সময়কে গতির পর্যায়কাল (period) বলে। পর্যায়কাল ও কম্পাঙ্ককে যথাক্রমে T ও n বলিলে $T=1/n$। পর্যাবৃত্ত গতির উদাহরণ হিসাবে সূর্যের চতুর্দিকে পৃথিবীর পরিক্রমণ, দোলকের (pendulum) দোলন ইত্যাদির উল্লেখ করা যাইতে পারে।

(3·5(b) নং চিত্র)। অতঃপর ইহার সম্মুখস্থ বায়ুস্তরসমূহের মধ্য দিয়া সংকোচন সঞ্চালিত হয় এবং এইভাবে সংকোচন স্তরগুচ্ছের অগ্রগতি ঘটে।

সুরশলাকার বাহুটি B′ হইতে B অবস্থানে যাইবার সময় উহার দক্ষিণ পার্শ্বস্থ বায়ুস্তরের উপর চাপ কমিয়া যাইবার ফলে উহা প্রসারিত হয় এবং উহার সংলগ্ন বায়ুস্তরগুলিও অনুরূপভাবে প্রসারিত হইয়া থাকে। এইভাবে একটি প্রসারণ স্তরগুচ্ছের উৎপত্তি হয় (3·5(c) নং চিত্র)। সম্মুখস্থ বায়ুস্তরগুলির মধ্য দিয়া প্রসারণ সঞ্চালিত হয় এবং এইরূপে পূর্ববর্তী সংকোচন স্তরগুচ্ছের ঠিক পিছনে থাকিয়া প্রসারণ স্তরগুচ্ছ অগ্রসর হইতে থাকে।

সুরশলাকার বাহুর পূর্ণ কম্পনে অর্থাৎ B স্থান হইতে দক্ষিণ পার্শ্বে গতি সুরু করিয়া পুনরায় B স্থানে আসা পর্যন্ত বায়ুতে একটি সংকোচন স্তরগুচ্ছ ও একটি প্রসারণ স্তরগুচ্ছের উৎপত্তি হয়। সুরশলাকার পুনঃপুনঃ কম্পনের ফলে এইরূপ বহু সংকুচিত ও প্রসারিত স্তরগুচ্ছ উৎপন্ন হইয়া সুরশলাকা হইতে ক্রমশঃ দূরে ছড়াইয়া পড়ে। ইহাকেই **শব্দের বিস্তার** (propagation) বলে। এই প্রসঙ্গে লক্ষণীয় যে, এই বিস্তারের সময় বায়ুস্তরসমূহ কেবল সংকুচিত বা প্রসারিত হয়, উহাদের কোন অগ্রগতি ঘটে না; উহাদের মধ্য দিয়া সংকোচন ও প্রসারণের অগ্রগতির জন্যই সংকোচন স্তরগুচ্ছ ও প্রসারণ স্তরগুচ্ছের অগ্রগতি ঘটিয়া থাকে।

3.6 নং চিত্র—স্বনক হইতে শব্দ তরঙ্গের আকারে চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়ে।

শব্দের যে বিস্তারের কথা আলোচনা করা হইল, তাহা একপ্রকার তরঙ্গ-গতি। কোন জলাশয়ে ঢিল ছুঁড়িলে যে আলোড়নের সৃষ্টি হয়, তাহা তরঙ্গের আকারে জলাশয়ের চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়ে, তাহা আমরা সকলেই লক্ষ্য করিয়াছি। এইক্ষেত্রে জলকণাগুলি উপরে-নীচে আন্দোলিত হইতে থাকে এবং সেই আন্দোলন পার্শ্ববর্তী জলকণাসমূহে সঞ্চালিত হইয়া তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। এই তরঙ্গ-গতিতে জলকণার কোন অগ্রগতি ঘটে না। শব্দবিস্তারের ক্ষেত্রে শব্দের

গতির দিকে বায়ুকণাগুলির আন্দোলনের ফলে সংকোচন ও প্রসারণ স্তরগুচ্ছের তরঙ্গ উৎপন্ন হয় (3.6 নং চিত্র)।*

যে বস্তুর কম্পনের ফলে মাধ্যমে আলোড়নের সৃষ্টি হয়, তাহার একবার সম্পূর্ণ কম্পনের ফলে আলোড়ন যত পথ অতিক্রম করে, সেই পথের দৈর্ঘ্যকে **তরঙ্গদৈর্ঘ্য (wavelength)** বলে। সহজেই বুঝা যায় যে, একটি সংকোচন স্তরগুচ্ছ ও একটি প্রসারণ স্তরগুচ্ছের মোট দৈর্ঘ্য হইল এক তরঙ্গদৈর্ঘ্য।

3.3 কম্পাঙ্ক ও তীক্ষ্ণতা

কম্পাঙ্ক

যে বস্তুর কম্পনের জন্য মাধ্যমে শব্দের উৎপত্তি হয়, তাহা প্রতি সেকেণ্ডে যতবার পূর্ণ কম্পন সম্পন্ন করে, সেই সংখ্যাকে বস্তুটির **কম্পাঙ্ক** (frequency) বলে। শব্দের বিস্তারের সময় মাধ্যমের বস্তুকণাগুলির কম্পনের হারকে শব্দতরঙ্গের কম্পাঙ্ক বলা হয়। শব্দের উৎসের কম্পাঙ্ক ও উৎপন্ন শব্দতরঙ্গের কম্পাঙ্ক সমান। কম্পাঙ্কের একক হইতেছে হার্ৎজ (Hertz, সংক্ষেপে Hz)। পূর্বে এই একককে সাইক্‌ল্/সেকেণ্ড (c/s) বলা হইত।

তীক্ষ্ণতা

যে ধর্মের জন্য মোটা বা ভরাট শব্দ হইতে চড়া শব্দকে পৃথক করা যায়, তাহাকে শব্দের **তীক্ষ্ণতা (pitch)** বলে। শব্দের তীক্ষ্ণতা শব্দের কম্পাঙ্কের উপর নির্ভর করে ; যে শব্দের কম্পাঙ্ক বেশী, তাহা তত তীক্ষ্ণ।

আমাদের কাহারও কণ্ঠস্বর ভরাট, কাহারও কণ্ঠস্বর চড়া। যাহাদের কণ্ঠস্বর চড়া, তাহাদের কণ্ঠনিঃসৃত শব্দের তীক্ষ্ণতা বেশী। কম্পাঙ্কের

---

* কোন মাধ্যমে তরঙ্গ যে দিকে অগ্রসর হয়, মাধ্যমের বস্তুকণাসমূহ যদি পর্যাবৃত্ত গতিতে সেই দিকেই সরলরেখায় আন্দোলিত হয়, তবে সেই তরঙ্গকে লম্বমান তরঙ্গ (longitudinal wave) বলে। অপরপক্ষে, মাধ্যমের বস্তুকণাসমূহ পর্যাবৃত্ত গতির জন্য তরঙ্গের গতির দিকের সহিত লম্বভাবে সরলরেখায় আন্দোলিত হইলে সেই তরঙ্গকে তির্যক তরঙ্গ (transverse wave) বলা হয়। শব্দতরঙ্গ একটি লম্বমান তরঙ্গের উদাহরণ। জলে ঢিল ছুঁড়িলে জলপৃষ্ঠে যে তরঙ্গের উৎপত্তি হয়, তাহাকে তির্যক তরঙ্গের উদাহরণ হিসাবে গণ্য করা যায়।

হিসাবে বলা যায় যে, যাহাদের কণ্ঠস্বর অপেক্ষাকৃত চড়া, তাহাদের স্বরতন্ত্রী শব্দ উৎপাদন কালে প্রতি সেকেণ্ডে অধিকবার কম্পিত হয়।

3.4 শব্দের বেগ

শব্দ উৎস হইতে উৎপন্ন হইয়া আমাদের কানে আসিতে কিছু সময় লাগে, ইহা কয়েকটি সাধারণ ঘটনা হইতে বুঝা যায়। ফুটবল বা ক্রিকেট খেলা দূর হইতে দেখিবার সময় লক্ষ্য করা যায় যে, বলে আঘাত লাগিবার কিছু পরে শব্দ শোনা যায়। বজ্রপাতের সময় বিদ্যুৎ-চমক দেখিবার বেশ কিছু পরে শব্দ শোনা যায়। বন্দুকের গুলি ছোঁড়া বা বাজী পোড়ান কিছু দূর হইতে দেখিলে প্রথমে আলোর ঝলকানি দেখা যায় ও পরে শব্দ শুনিতে পাওয়া যায়। এইসকল ঘটনাগুলি ঘটিবার সময় শব্দের সৃষ্টি হয়। আলোর গতি প্রতি সেকেণ্ডে তিন লক্ষ কিলোমিটার বলিয়া দূরে ঘটনাগুলি ঘটিবার প্রায় সঙ্গে সঙ্গেই আমরা সেইগুলি দেখিতে পাই। শব্দের বেগ আলোকের বেগ অপেক্ষা বহুলাংশে কম বলিয়া উৎপন্ন শব্দ কিছুক্ষণ পরে আমাদের কানে আসিয়া পৌঁছায়।

1738 খৃষ্টাব্দে ফরাসী দেশের প্যারিস অ্যাকাডেমীর কয়েকজন সদস্য উন্মুক্ত স্থানে শব্দের বেগ নির্ণয় করেন! তাঁহারা দেখিয়াছিলেন যে, শব্দের বেগ বায়ুচাপের উপর নির্ভর করে না এবং উহা তাপমাত্রা বা বায়ুর আর্দ্রতা বৃদ্ধির সহিত বাড়িয়া যায়। বায়ুপ্রবাহ বিদ্যমান থাকিলে বায়ুপ্রবাহের দিকে শব্দের বেগ বৃদ্ধি পায় ও বায়ুপ্রবাহের বিপরীত দিকে তাহা হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

1829 খৃষ্টাব্দে ফরাসী বৈজ্ঞানিক আরাগো পুনরায় শব্দের বেগ নির্ণয় করেন। পরস্পর হইতে কয়েক মাইল দূরে অবস্থিত দুইটি পাহাড়ের উপর দুইজন পর্যবেক্ষক নিযুক্ত করা হইল। একজনের নিকট একটি বন্দুক ও অন্য জনের নিকট একটি বিরাম ঘড়ি ছিল। একজন বন্দুক হইতে গুলি ছুঁড়িবার পর অন্য জন আলোর ঝলকানি দেখিয়া বিরাম ঘড়ি চালাইয়া দিল এবং শব্দ শুনিবার পর ঘড়ি বন্ধ করিল। যদি সময়ের ব্যবধান t সেকেণ্ড ও দুইটি পাহাড়ের দূরত্ব s হয়, তবে শব্দের বেগ

$$v = \frac{s}{t}$$

এইভাবে শব্দের বেগ বাহির করিবার পদ্ধতির মধ্যে প্রধান দুইটি ত্রুটি থাকে। প্রথমতঃ, বায়ুপ্রবাহ শব্দের বেগকে পরিবর্তিত করে। দ্বিতীয়তঃ, পর্যবেক্ষকের ব্যক্তিগত ত্রুটি অর্থাৎ আলোর ঝলকানি দেখিবার পর বিরাম ঘড়ি চালাইতে দেরী করা ইত্যাদির জন্যও শব্দের বেগ নির্ণয় ত্রুটিপূর্ণ হয়। তবে যথোপযুক্ত ব্যবস্থার সাহায্যে উপরিউক্ত পরীক্ষাকে ত্রুটিমুক্ত করা সম্ভব হইয়াছে।

পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে, 0°C তাপমাত্রায় স্থির বায়ুর মধ্যে শব্দের বেগ প্রতি সেকেণ্ডে 332 মিটার বা 1090 ফুট। প্রতি ডিগ্রী সেল্সিয়াস তাপমাত্রার বৃদ্ধির জন্য বায়ুতে শব্দের বেগ 61 সে. মি. হিসাবে বাড়িয়া যায়।

শব্দের উৎসের কম্পাঙ্ক (অর্থাৎ প্রতি সেকেণ্ডে কম্পনসংখ্যা) n হইলে মাধ্যমে শব্দ প্রতি সেকেণ্ডে $n \times$ তরঙ্গদৈর্ঘ্য, এই পথ অতিক্রম করিবে। যদি কোন শব্দের তরঙ্গদৈর্ঘ্য l হয় এবং শব্দের বেগ v হয়, তবে $v = nl$।

অধিকতর স্থিতিস্থাপক মাধ্যমে শব্দের বেগ অধিক বলিয়া কঠিন পদার্থে শব্দের বেগ অধিক হয়। এইজন্য রেলগাড়ীর শব্দ বায়ুর মধ্য দিয়া কানে পৌঁছিবার পূর্বেই রেল লাইনে কান পাতিয়া ঐ গাড়ীর শব্দ শুনিতে পাওয়া যায়। 0°C তাপমাত্রায় লৌহের মধ্যে শব্দের বেগ প্রতি সেকেণ্ডে 5130 মিটার।

জলেও শব্দের বেগ বায়ুতে শব্দের বেগ অপেক্ষা অধিক। কোলাডন ও স্ট্রুম 1825 খৃষ্টাব্দে জেনেভা হ্রদে জলের নীচে একটি ঘণ্টার সাহায্যে শব্দ উৎপন্ন করিয়া জলে শব্দের বেগ নির্ধারণ করেন। জলে শব্দের বেগ বায়ুতে শব্দের বেগের প্রায় 4 গুণ ; এই বেগ হইতেছে প্রায় 1450 মি./সেকেণ্ড।

3.5 শব্দের প্রতিফলন ও প্রতিধ্বনি

আলোর ন্যায় শব্দেরও প্রতিফলন হয় ; শব্দও সমতল বা গোলাকৃতি প্রতিফলক দ্বারা নিয়মিতভাবে প্রতিফলিত হইতে পারে।

প্রতিফলনের নিয়ম

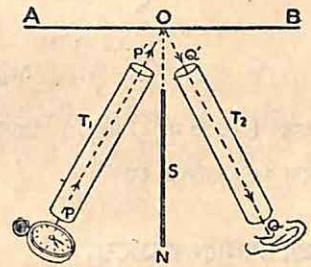
প্রতিফলনের সময় আলো যে দুইটি সূত্র মানিয়া চলে, শব্দের ক্ষেত্রেও সেই দুইটি সূত্র প্রযোজ্য হয় ; যথা,

(1) আপতিত রশ্মি, প্রতিফলিত রশ্মি ও প্রতিফলকের উপর অঙ্কিত অভিলম্ব একই সমতলে অবস্থিত থাকে।

(2) প্রতিফলন কোণ আপতন কোণের সমান হয়।

শব্দের ক্ষেত্রে প্রতিফলকের আকার বেশ বিস্তৃত হওয়া প্রয়োজন, তবে আলোর প্রতিফলকের ন্যায় ইহার ঐরূপ মসৃণ হইবার আবশ্যকতা নাই। এইজন্য কাঠের বোর্ড, ইটের দেওয়াল, পাহাড়ের ধার, বৃক্ষের সারি ইত্যাদি শব্দের প্রতিফলকের কাজ করে।

শব্দের প্রতিফলন সম্পর্কে একটি সহজ পরীক্ষা করা যাইতে পারে।

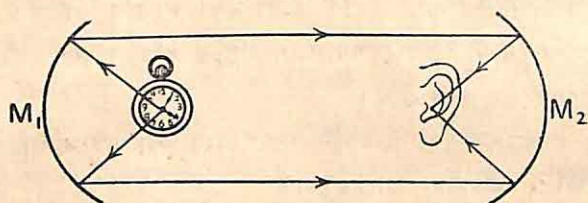
পরীক্ষা :—একখানা কাঠের বোর্ড AB খাড়া করিয়া বসান হইল (3.7 নং চিত্র)। ইহার সম্মুখে দুইটি দীর্ঘ ফাঁপা নল T_1 ও T_2 আনুভূমিকভাবে এইরূপে রাখা হইল যে, উহাদের অক্ষ PP′ এবং QQ′ বোর্ডের উপর পরস্পরকে ছেদ করে এবং ছেদবিন্দু O-তে বোর্ডের উপর অভিলম্ব ON-এর সহিত সমান কোণ উৎপন্ন করে, অর্থাৎ $\angle PON = \angle QON$। T_1 ও T_2-এর মধ্যস্থলে একটি কাঠের পর্দা S বসান হইল।

3.7 নং চিত্র—শব্দের প্রতিফলন সম্পর্কীয় পরীক্ষা

T_1 নলের মুখে একটি ঘড়ি ধরিয়া T_2 নলের মুখে কান পাতিলে ঘড়ির টিক্ টিক্ শব্দ বেশ স্পষ্ট শোনা যাইবে। ইহার কারণ হইল এই যে, কাঠের বোর্ডের উপর শব্দের প্রতিফলন ঘটিতেছে এবং প্রতিফলিত শব্দ T_2 নলের মধ্য দিয়া কানে আসিয়া পৌঁছাইতেছে। নল দুইটির মধ্যস্থলে পর্দা থাকিবার ফলে ঘড়ির শব্দ সরাসরি কানে আসিয়া পৌঁছাইতে পারে না।

T_2 নলের অক্ষ যাহাতে বোর্ডকে O বিন্দুতে ছেদ করে, সেইদিকে লক্ষ্য রাখিয়া T_2-কে পূর্বের অবস্থান হইতে সরাইয়া অন্যান্য বিভিন্ন অবস্থানে রাখা হইল ; এখন কোন সময়ই আর ঘড়ির শব্দ শোনা যাইবে না।

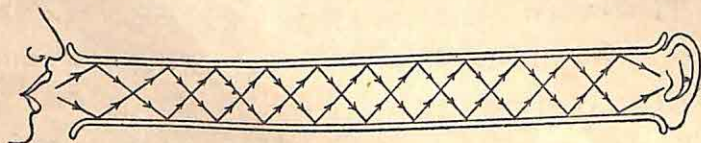
পরীক্ষাটি হইতে বুঝা যাইতেছে যে, প্রতিফলিত শব্দ একটি বিশেষ অভিমুখেই চালিত হয় এবং প্রতিফলন কোণ আপতন কোণের সমান হইয়া থাকে। পরীক্ষাটি হইতে ইহাও দেখা যায় যে, PP′, QQ′ ও ON

একই সমতলে থাকে। সুতরাং এই পরীক্ষা হইতে শব্দের প্রতিফলনের দুইটি নিয়মই প্রমাণিত হয়।

দুইটি অবতল দর্পণ একই অক্ষের উপর স্থাপিত করিয়া একটির ফোকাসে একটা ঘড়ি রাখিলে অন্যটির ফোকাসে তাহার টিক্ টিক্ শব্দ স্পষ্টই শোনা

3.8 নং চিত্র—অবতল দর্পণে শব্দের প্রতিফলন।
M_1, M_2—অবতল দর্পণ

যায় (3. 8 নং চিত্র)। অবতল দর্পণেও প্রতিফলনের নিয়ম অনুযায়ী শব্দ প্রতিফলিত হয়।

প্রতিফলনের প্রয়োগ

বিবিধ কার্যে শব্দের প্রতিফলনের প্রয়োগ রহিয়াছে। দৃষ্টান্ত হিসাবে গ্রামোফোনের চোঙ, ডাক্তারদের স্টেথোস্কোপ, স্পিকিং টিউব প্রভৃতির উল্লেখ করা যাইতে পারে। উন্মুক্ত স্থানে সঙ্গীত পরিবেশন কালে মাথার উপর চাঁদোয়া থাকিলে সঙ্গীতের শব্দ তাহাতে প্রতিফলিত হইয়া তাহার নীচে কতকাংশে আবদ্ধ হইয়া থাকে। এইজন্য তখন সঙ্গীত অপেক্ষাকৃত ভালভাবে শুনিতে পাওয়া যায়। বক্তৃতা-মঞ্চে প্রদত্ত বক্তৃতা যাহাতে দূর

3.9 নং চিত্র—স্পিকিং টিউব।
এই নলের এক প্রান্তে কথা বলিলে নলের গাত্রে শব্দের প্রতিফলনের ফলে অন্য প্রান্তে সেই কথা স্পষ্ট শুনিতে পাওয়া যায়।

হইতে শোনা যায়, সেইজন্য লাউড-স্পীকার আবিষ্কারের পূর্বে বক্তৃতা-মঞ্চে শব্দের অবতল প্রতিফলক ব্যবহার করা হইত।

প্রতিধ্বনি

কোন প্রান্তরে বা নদীর ধারে দাঁড়াইয়া চিৎকার করিলে বহু ক্ষেত্রে সেই শব্দের পুনরাবৃত্তি শোনা যায়। দূরবর্তী গাছের সারি, বাড়ীঘর প্রভৃতি হইতে শব্দ প্রতিফলিত হইয়াই এইরূপ ঘটে। কোন খালি বড় ঘরে কথা বলিলে একটা গম্‌গম্ শব্দ শোনা যায়। ইহাও প্রকৃতপক্ষে ঘরের দেওয়াল হইতে প্রতিফলিত শব্দেরই ক্রিয়া। যখন কোন শব্দ প্রতিফলিত হইয়া মূল শব্দ হইতে পৃথকভাবে শ্রোতার কানে প্রবেশ করে, তখন সেই প্রতিফলিত শব্দকে বলা হয় **প্রতিধ্বনি** (echo)।

যখন আমরা কোন শব্দ শুনি, তখন আমাদের মস্তিষ্কে তাহার প্রভাব বা রেশ কিছু সময় থাকিয়া যায়। এই সময়ের পরিমাণ 1/10 সেকেণ্ড। সেইজন্য স্পষ্টভাবে কোন শব্দের প্রতিধ্বনি শুনিতে হইলে প্রতিফলিত শব্দ মূল শব্দ শুনিবার অন্ততঃ 1/10 সেকেণ্ড পরে কানে আসিয়া পৌঁছান দরকার। বায়ুর ভিতর দিয়া শব্দ 341·4 মিটার (1120 ফুট) বেগে ধাবিত হয় ধরিলে 1/10 সেকেণ্ডে শব্দ 34·14 মিটার দূরে সরিয়া যাইতে পারে। অতএব কোন শব্দের প্রতিধ্বনি শুনিতে হইলে প্রতিফলকটি শ্রোতার নিকট হইতে অন্ততঃ 17·07 মিটার (56 ফুট) দূরে থাকা প্রয়োজন, কারণ তাহা হইলে শ্রোতার নিকট হইতে প্রতিফলক পর্যন্ত যাইতে এবং প্রতিফলক হইতে শ্রোতার নিকট আবার ফিরিয়া আসিতে মোট $17{\cdot}07 + 17{\cdot}07 = 34{\cdot}14$ মিটার পথ শব্দকে অতিক্রম করিতে হইবে। এইজন্য ঘরের মধ্যে দেওয়াল, ছাদ ইত্যাদি যেগুলি প্রতিফলকের কাজ করে, সেইগুলি অপেক্ষাকৃত কাছে থাকিলে অর্থাৎ ঘর ছোট হইলে সেখানে শব্দের প্রতিধ্বনি শোনা যায় না।

কোন কোন ক্ষেত্রে একই শব্দের যে বারংবার প্রতিধ্বনি শোনা যায়, তাহার কারণ হইল, অনেকগুলি প্রতিফলক হইতে একই শব্দ পুনঃপুনঃ ভালভাবে প্রতিফলিত হইয়া থাকে। মেঘের মধ্যে যে শব্দ ক্ষণকালের মধ্যে উৎপন্ন হয়, বিভিন্ন মেঘস্তর হইতে তাহা প্রতিধ্বনিত হইবার জন্যই মেঘগর্জনের গুরুগুরু ধ্বনি বেশ কিছুক্ষণ ধরিয়া শুনিতে পাওয়া যায়।

3.6 স্বরযুক্ত শব্দ ও সুরবর্জিত শব্দ

শব্দের প্রকারভেদ

যে সকল শব্দ আমরা শ্রবণ করি, তাহাদিগকে সাধারণ ভাবে দুই শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয় :—সুরযুক্ত শব্দ ও সুরবর্জিত শব্দ। সঙ্গীতের শব্দ, সেতার, এস্রাজ, বেহালা, হারমোনিয়াম ইত্যাদি বাদ্যযন্ত্রের শব্দ, সুরশলাকার শব্দ প্রভৃতি যে সকল শব্দ শ্রুতিমধুর, সেইগুলিকে **স্বরযুক্ত শব্দ** (musical sound) বলা হয়। পক্ষান্তরে, বিস্ফোরণের শব্দ, রাস্তা দিয়া যানবাহন যাইবার ঘড়্ ঘড়্ শব্দ, বহু লোকের মিলিত কোলাহল, চিৎকার ইত্যাদি যে সকল শব্দ কর্কশ বা শ্রুতিকটু, তাহাদিগকে **স্বরবর্জিত শব্দ** (noise) বলে।

শব্দের এইরূপ বিভাগ সম্পূর্ণভাবে সুনির্দিষ্ট নয়, কারণ অবস্থা বিশেষে বা ব্যক্তিভেদে একই শব্দ শ্রুতিমধুর বা শ্রুতিকটু বলিয়া প্রতীয়মান হইতে পারে। তবে এই দুই প্রকার শব্দের ধর্ম সম্পর্কে কিছু বিষয়নিষ্ঠ (objective) আলোচনা করা যাইতে পারে।

কোন স্বনক দ্বারা উৎপন্ন শব্দ সুরযুক্ত বা সুরবর্জিত, তাহা সেই স্বনকের কম্পনের বৈশিষ্ট্যের উপর নির্ভর করে। দেখা গিয়াছে যে, স্বনকের কম্পন যদি নিয়মিত এবং পর্যাবৃত্ত হয়, তবে উৎপন্ন শব্দ সুরযুক্ত হয় ; অন্যথা শব্দ সুরবর্জিত হইয়া থাকে। সেতার, বেহালা বা এস্রাজের তারে আঘাত করিলে তাহা নিয়মিত ও পর্যাবৃত্ত গতিতে কম্পিত হইতে থাকে। উৎপন্ন শব্দও তখন শ্রুতিমধুর হয়। অন্যপক্ষে, বিস্ফোরণের শব্দ, কোলাহল, বজ্রপাতের শব্দ ইত্যাদি উৎপন্ন হইবার সময় স্বনকের এইরূপ কম্পন হয় না। এইজন্য ঐ সকল শব্দ শ্রুতিকটু।

স্বরযুক্ত শব্দের বৈশিষ্ট্য

স্বনকের পর্যাবৃত্ত কম্পন নানারূপ হইতে পারে। স্বনকের সরল দোলগতীয় কম্পনের (simple harmonic oscillation)* ফলে যে শব্দ উৎপন্ন হয়, তাহাকে **স্বর** (t[illegible]e) বলে। সুর হইতেছে একটিমাত্র

*বিশেষ একপ্রকার পর্যাবৃত্ত গতিকে সরল দোলগতি (simple harmonic motion) বলে। সরল দোলগতির অন্যতম বৈশিষ্ট্য হইল যে, ইহা সরলরেখায় সম্পন্ন হয়। স্বনকের কম্পন সরল দোলগতিসম্পন্ন হইলে উহাকে সরল দোলগতীয় কম্পন বলে।

কম্পাঙ্কবিশিষ্ট শব্দ। গাণিতিকভাবে প্রমাণ করা যায় যে, বিভিন্ন প্রকার সরল দোলগতির সমবায়ে যে কোন পর্যাবৃত্ত গতি সৃষ্ট হইতে পারে।* অতএব পর্যাবৃত্ত গতির ফলে উৎপন্ন শব্দও বিভিন্ন সুরের সমাহার বলিয়া ধরা যাইতে পারে। বিভিন্ন সুর মিলিত হইয়া যে মিশ্র শব্দের সৃষ্টি করে, তাহাকে **স্বর** (note) বলে। ইহাতে বিভিন্ন সুর বিভিন্ন মাত্রায় থাকে। উহাদের মধ্যে যে সুরের কম্পাঙ্ক নিম্নতম, তাহাকে **মূল স্বর** (fundamental tone) বলে। অন্য উচ্চতর কম্পাঙ্কবিশিষ্ট সুরগুলিকে **উপস্বর** (overtones) বলা হয়। উপসুরগুলির মধ্যে যাহাদের কম্পাঙ্ক মূল সুরের কম্পাঙ্কের সরল গুণিতক, তাহাদিগকে **সমমেল** (harmonics) বলে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, কোন শব্দ 280, 420, 560, 712, 840 ও 1024 সংখ্যক কম্পাঙ্কবিশিষ্ট সুরের সমবায়ে সৃষ্ট হইলে 280 কম্পাঙ্ক-বিশিষ্ট সুরটি মূল সুর এবং অন্যান্য কম্পাঙ্কের সুরগুলি উপসুর। ইহাদের মধ্যে 560 ($=280\times2$) এবং 840 ($=280\times3$) কম্পাঙ্কবিশিষ্ট সুরগুলি সমমেল।

অতিশয় শ্রুতিমধুর শব্দে মূল সুরটির সমমেলের সংখ্যা যথেষ্ট থাকে। বস্তুতঃ সমমেলগুলির প্রাধান্যহেতুই শব্দের শ্রুতিমাধুর্য বৃদ্ধি পায়। শ্রুতিকটু শব্দে মূল সুর বলিয়া কিছু থাকে না।

ভারতীয় সঙ্গীতে সা, রে, গা, মা, পা, ধা, নি—এই সুরগুলি লইয়া যে **স্বরগ্রাম** (musical scale) প্রচলিত আছে, তাহাতে সা হইতে নি পর্যন্ত সুরের কম্পাঙ্ক ক্রমশ বাড়িতে থাকে এবং প্রথম সা সুরটির যে কম্পাঙ্ক, দ্বিতীয়-সা সুরের কম্পাঙ্ক তাহার দ্বিগুণ। কোন সা হইতে পরবর্তী সা পর্যন্ত আটটি সুর লইয়া **অষ্টক** (octave) গঠিত হয়।

সুরযুক্ত শব্দকে কয়েকটি বৈশিষ্ট্য দ্বারা পরস্পর হইতে পৃথক করা যায়। এই বৈশিষ্ট্যগুলি নিম্নে আলোচিত হইল।

প্রাবল্য বা তীব্রতা (Loudness বা Intensity)—শব্দ কি পরিমাণ শক্তি বহন করে, তাহার দ্বারা শব্দের প্রাবল্য বা তীব্রতা নির্ধারিত হয়। স্বনকের কম্পনের বিস্তার (amplitude) বাড়িলে প্রাবল্য বেশী হয়। আবার বৃহৎ বস্তুর কম্পনের ফলে উৎপন্ন শব্দ প্রবল। স্বনক হইতে শ্রোতার

*এই গাণিতিক নিয়মকে ফুরিয়ারের উপপাদ্য (Fourier's theorem) বলে।

দূরত্ব বাড়িলে প্রাবল্য কমিয়া যায়। মাধ্যমের ঘনত্ব বেশী হইলে প্রাবল্য বৃদ্ধি পায়।

তীক্ষ্ণতা (Pitch)—শব্দের এই ধর্মের জন্যই মোটা সুর হইতে চড়া সুর পৃথক করা সম্ভব, ইহা **3.3** নং অনুচ্ছেদে বলা হইয়াছে। সুরযুক্ত শব্দের তীক্ষ্ণতা মূল সুরের কম্পাঙ্কের উপর নির্ভর করে। এই কম্পাঙ্ক বাড়িলে তীক্ষ্ণতা বাড়ে। সুরবর্জিত শব্দের কোন নির্দিষ্ট তীক্ষ্ণতা নাই।

জাতি (Quality)—এস্রাজ ও বেহালার শব্দের ন্যায় দুইটি শব্দে তীব্রতা ও তীক্ষ্ণতা সমান থাকিলেও যে গুণের জন্য উহাদিগকে পৃথক করিতে পারা যায়, তাহাকে জাতি বলে। শব্দে কি পরিমাণ উপসুর বিদ্যমান থাকে, তাহার দ্বারা শব্দের জাতি নির্ধারিত হয়।

3.7 শব্দোত্তর তরঙ্গ ও উহার প্রয়োগ

স্বনকের কম্পাঙ্ক 20,000Hz অপেক্ষা অধিক হইলে কোন মাধ্যমে উৎপন্ন শব্দতরঙ্গ আমাদের শ্রবণেন্দ্রিয়ে শব্দের অনুভূতি জাগায় না। এইজন্য 20,000 অপেক্ষা অধিক কম্পাঙ্কবিশিষ্ট শব্দতরঙ্গকে **শব্দোত্তর বা শ্রবণোত্তর তরঙ্গ** (ultrasonic বা supersonic wave) বলে।

বৃহৎ ঘণ্টার ন্যায় কোন কোন স্বনক দ্বারা শব্দ উৎপন্ন হইবার সময় স্বল্প পরিমাণে শব্দোত্তর তরঙ্গের সৃষ্টি হয়! গাল্‌টন হুইস্‌ল্ (Galton Whistle), হার্টম্যান জেনারেটর (Hartman generator) এবং পিজো-ইলেকট্রিক জেনারেটর (piezo-electric generator) ইত্যাদি যন্ত্র শব্দোত্তর তরঙ্গের উৎস হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

ব্যবহারিক প্রয়োগ—শব্দোত্তর তরঙ্গের একটি বৈশিষ্ট্য হইল যে, ইহা মাধ্যমে অপেক্ষাকৃত কম শোষিত হয় এবং সাধারণ শব্দতরঙ্গের তুলনায় ইহার তরঙ্গদৈর্ঘ্য ক্ষুদ্রতর বলিয়া ইহা প্রায় সরলরেখায় চলে। এই সকল কারণে শব্দোত্তর তরঙ্গের বহুবিধ প্রয়োগ রহিয়াছে। নিম্নে কয়েকটি প্রয়োগ আলোচনা করা হইল।

(1) বিভিন্ন বস্তুর অবস্থান শব্দোত্তর তরঙ্গের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। এইজন্য যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয়, তাহাকে প্রতিধ্বনি-স্বনক (echo sounder) বলে। এই যন্ত্র হইতে শব্দোত্তর তরঙ্গ লক্ষ্য বস্তুর দিকে পাঠাইলে তাহা সেই বস্তুতে প্রতিহত হইয়া প্রতিধ্বনি রূপে ফিরিয়া আসে।

যন্ত্র হইতে শব্দোত্তর তরঙ্গ বাহির হইবার কত সময় পরে উহার প্রতিধ্বনি ফিরিয়া আসে, তাহা পরিমাপ করা হয়। মাধ্যমটিতে শব্দের বেগ জানা থাকিলে উৎস হইতে বস্তুর দূরত্ব সহজেই তখন হিসাব করা যায়। জাহাজ হইতে শব্দোত্তর তরঙ্গ পাঠাইলে তাহা সমুদ্রের তলদেশে বাধা পাইয়া জাহাজে ফিরিয়া আসে। এই প্রক্রিয়ায় সমুদ্রের গভীরতা নির্ণয় করা যায়। সমুদ্রের অভ্যন্তরে ডুবোজাহাজ ও নিমজ্জিত জলযানের অবস্থিতি, ভাসমান হিমশৈল ও মাছের ঝাঁকের উপস্থিতি, যুদ্ধকালে স্থলে শত্রুপক্ষের অবস্থান ইত্যাদিও এইভাবে নির্ণয় করা হইয়া থাকে।

এই প্রসঙ্গে উল্লেখ করা যায় যে, বাদুড় উড়িবার সময় শব্দোত্তর তরঙ্গ সৃষ্টি করে। তাহা কোন বস্তু হইতে প্রতিফলিত হইয়া ফিরিয়া আসিলে বাদুড় সেই বস্তুর অবস্থান বুঝিতে পারে।

(2) ধাতুখণ্ডের ভিতর শব্দোত্তর তরঙ্গ চালনা করিয়া প্রতিফলিত তরঙ্গ বিশ্লেষণ করিলে ধাতুখণ্ডের অভ্যন্তরস্থ কোন ত্রুটি বা ধাতুখণ্ডের বেধ নির্ণয় করা যায়।

(3) শব্দোত্তর তরঙ্গ মাধ্যমে দ্রুততর আলোড়ন সৃষ্টি করে বলিয়া ধাতুখণ্ডের ময়লা নিষ্কাশন, ঘড়ি ইত্যাদি সূক্ষ্ম যন্ত্রপাতির ময়লা দূর করা ইত্যাদি কার্যে ইহার প্রয়োগ আছে।

(4) শব্দোত্তর তরঙ্গ বায়ুর মধ্যে চালনা করিলে ধূলিকণাসমূহ একত্র হইয়া নীচে পড়িয়া যায় এবং বায়ু ধূলিমুক্ত হয়। এই তরঙ্গ দুগ্ধ বা অন্যান্য পানীয়ের মধ্যে চালনা করিলে তাহা বহুক্ষেত্রে জীবাণুমুক্ত হয়।

(5) শব্দোত্তর তরঙ্গের প্রয়োগে বিভিন্ন ধাতুর মিশ্রণ সম্ভব হয়। সীসা-অ্যালুমিনিয়াম, সীসা-টিন-দস্তা ইত্যাদির ন্যায় যে সকল সংকর ধাতু (alloy) সহজে তৈয়ারী করা যায় না, শব্দোত্তর তরঙ্গের প্রয়োগে সেগুলির প্রস্তুতি সম্ভব হইয়া থাকে।

(6) চিকিৎসা শাস্ত্রেও শব্দোত্তর তরঙ্গের প্রয়োগ রহিয়াছে। কোন কোন ক্ষেত্রে এই তরঙ্গের প্রয়োগে দেহের অভ্যন্তরস্থ অর্বুদ (tumour), ক্যান্সার প্রভৃতির অবস্থান নির্ণয় করা যাইতে পারে।

(7) শব্দোত্তর তরঙ্গ প্রয়োগ করিয়া কঠিন ও তরল পদার্থের গঠন-পদ্ধতি সম্পর্কে নূতন তথ্য পাওয়া যায়। ইহার প্রয়োগে দীর্ঘ অতিকায় অণু (long chain polymer) ভাঙ্গিয়া ক্ষুদ্রতর অণুতে পরিণত করা সম্ভব।

চতুর্থ অধ্যায়

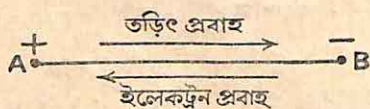
তড়িৎপ্রবাহ
(Electric Current)

পাঠ্যসূচী :

4.1 তড়িৎপ্রবাহ ও তড়িচ্চালক বল

তড়িৎপ্রবাহ ও উহার অভিমুখ

তড়িৎপ্রবাহের সহিত আমরা সকলেই সমধিক পরিচিত। বৈদ্যুতিক আলো, পাখা হইতে শুরু করিয়া হিটার, রেফ্রিজারেটর, টেলিফোন, টেলিগ্রাফ, রেডিও, সিনেমা—আধুনিক জীবনের এই সকল উপকরণের পিছনেই তড়িৎপ্রবাহের সার্থক ব্যবহার রহিয়াছে। বস্তুতঃ তড়িৎপ্রবাহের বহুবিধ ব্যবহারের মাধ্যমেই বর্তমান সভ্যতার দ্রুত অগ্রগতি সম্ভব হইতেছে।

তড়িৎপ্রবাহ চালিত হইবার মূলে রহিয়াছে বিভব-প্রভেদ। উচ্চবিভব-সম্পন্ন কোন বিন্দু নিম্নবিভবসম্পন্ন কোন বিন্দুর সহিত তামার তারের মত কোন পরিবাহীর দ্বারা সংযুক্ত হইলে পরিবাহীর মধ্য দিয়া তড়িৎ চালিত হয় ; ইহাকেই **তড়িৎ-প্রবাহ** (electric current) বলা হইয়া থাকে। তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ সর্বদাই উচ্চবিভবসম্পন্ন বিন্দু (+) হইতে নিম্নবিভবসম্পন্ন বিন্দুর (−) দিকে বলিয়া ধরা হয় (4.1 নং চিত্র)। **বিভব** (potential) হইতেছে কোন বিন্দু বা কোন বস্তুর বৈদ্যুতিক অবস্থা। জলের প্রবাহ যেরূপ সর্বদাই উচ্চতল হইতে নিম্ন-

4-1 নং চিত্র—তড়িৎপ্রবাহ ও ইলেকট্রন প্রবাহের অভিমুখ। A—উচ্চবিভবসম্পন্ন বিন্দু ; B—নিম্নবিভবসম্পন্ন বিন্দু

তলের দিকে হয়, তড়িৎপ্রবাহও সেইরূপ সর্বদা উচ্চবিভব হইতে নিম্নবিভবের দিকে হইয়া থাকে।

দুইটি বিন্দু বা বস্তুর বিভব V_A ও V_B হইলে উহাদের মধ্যে **বিভব-প্রভেদ** (potential difference) হয় $V_A - V_B$। ইহা নানাভাবে উৎপন্ন হইতে পারে। আমরা জানি যে, তড়িতাধান দুই প্রকার—ধনাত্মক আধান (positive charge) ও ঋণাত্মক আধান (negative charge)। যদি দুইটি বস্তুর একটিতে ধনাত্মক আধানের ও অন্যটিতে ঋণাত্মক আধানের আধিক্য হয়, তাহা হইলে দ্বিতীয়টির তুলনায় প্রথমটি উচ্চবিভবসম্পন্ন হয়। এইভাবে বিভব-প্রভেদের উৎপত্তি হইলে পরিবাহীর মধ্য দিয়া উচ্চবিভব-সম্পন্ন বস্তু হইতে নিম্নবিভবসম্পন্ন বস্তুতে তড়িৎপ্রবাহের ফলে উহাদের মধ্যে বিভব-প্রভেদ হ্রাসপ্রাপ্ত হইয়া সামান্য সময়ের মধ্যেই উহারা সাধারণতঃ সমবিভবসম্পন্ন হইয়া পড়ে। তবে বৈদ্যুতিক কোষের ন্যায় তড়িতের যে সকল উৎস রহিয়াছে, সেইগুলির দুইটি তড়িদ্দ্বারের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হইলেও আভ্যন্তরীণ ক্রিয়া দ্বারা উহাদের মধ্যে বিভব-প্রভেদ অপরিবর্তিত থাকিয়া যায়। সুতরাং এই সকল উৎস হইতে অবিচ্ছিন্ন তড়িৎ-প্রবাহ উৎপন্ন হইয়া থাকে।

4.1 নং চিত্রে A ও B স্থানে যথাক্রমে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আধানের আধিক্যের ফলে A উচ্চবিভবসম্পন্ন ও B নিম্ন-বিভবসম্পন্ন হইয়াছে বলিয়া ধরা যাউক। এখন এই দুই স্থানকে কোন পরিবাহী বস্তু দ্বারা যোগ করিলে ধনাত্মক আধান A হইতে B অভিমুখে চালিত হইবে। অতএব প্রচলিত রীতি অনুযায়ী তড়িৎপ্রবাহের যে অভিমুখ ধরা হয়, তাহা হইল ধনাত্মক আধানের প্রবাহের অভিমুখ। বাস্তব ক্ষেত্রে তড়িৎপ্রবাহের মূলে কেবল ধনাত্মক আধানের প্রবাহ, কেবল ঋণাত্মক আধানের প্রবাহ অথবা উভয় প্রকার আধানেরই প্রবাহ থাকিতে পারে।* অধিকাংশ ক্ষেত্রে তড়িৎপ্রবাহের মূলে রহিয়াছে ইলেকট্রনের প্রবাহ। ইলেকট্রন ঋণাত্মক

* কোন আয়ন উৎস (ion source) হইতে ধনাত্মক আয়নগুচ্ছ নির্গত হইয়া কোন দিকে পরিচালিত হইলে তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হয়। আবার তামার তারের মত পরিবাহী পদার্থে তড়িৎ-প্রবাহের মূলে রহিয়াছে ঋণাত্মক আধানযুক্ত ইলেকট্রনের প্রবাহ, কারণ এই পদার্থে বহু ইলেকট্রন মুক্ত অবস্থায় থাকে এবং ইহার কোন দুই প্রান্তের মধ্যে বিভব-প্রভেদ ঘটিলে মুক্ত ইলেকট্রনগুলির গতির ফলে তড়িৎপ্রবাহ উৎপন্ন হয়। তড়িদ্বিশ্লেষ্য পদার্থের অণু ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে এবং যথোপযুক্ত ব্যবস্থায় এই দুই প্রকার আয়নেরই (বিপরীতমুখী) গতির ফলে তড়িৎপ্রবা হের সৃষ্টি হয়।

আধানযুক্ত বলিয়া 4.1 নং চিত্রে উহা B হইতে A অভিমুখে ধাবিত হয়। সুতরাং ইলেকট্রন প্রবাহের অভিমুখ তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখের বিপরীত। অন্যভাবে বলা যায় যে, ঋণাত্মক আধান (ইলেকট্রন) যে দিকে প্রবাহিত হয়, তজ্জনিত তড়িৎপ্রবাহকে প্রচলিত রীতি অনুযায়ী তাহার বিপরীতমুখী বলিয়া ধরা হয়।

যদি তড়িৎপ্রবাহ সর্বদা একই দিকে প্রবাহিত হয়, তাহা হইলে তাহাকে **সমপ্রবাহ** (direct current, সংক্ষেপে DC) বলে। যদি তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা নিয়মিতভাবে বাড়িতে কমিতে থাকে এবং কিছু সময় অন্তর উহার এইরূপ দিক-পরিবর্তন হয় যে, উহা কিছুক্ষণ একদিকে ও তৎপরে কিছুক্ষণ বিপরীত দিকে চলিতে থাকে, তাহা হইলে তাহাকে **পরিবর্তী প্রবাহ** (alternating current, সংক্ষেপে AC) বলা হয়।

তড়িৎপ্রবাহের একক

তড়িৎপ্রবাহের ব্যবহারিক একক হইতেছে অ্যাম্‌পীয়ার। যে নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ জলে সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইলে প্রতি সেকেণ্ডে ক্যাথোডে 0·001118 গ্রাম রৌপ্য সঞ্চিত হয়, তাহাকে আন্তর্জাতিক মত অনুসারে **অ্যাম্‌পীয়ার** (ampere) বলা হয়। ইহা আন্তর্জাতিক অ্যাম্‌পীয়ার নামেও পরিচিত।*

আমরা জানি, তড়িতের (অর্থাৎ তড়িতাধানের) একক হইতেছে কুলম্ব (coulomb)। কুলম্ব ও অ্যাম্‌পীয়ারের সংজ্ঞা এইরূপ যে, কোন বিন্দু দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে এক কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহিত হইলে তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ হয় এক অ্যাম্‌পীয়ার। সুতরাং **অ্যাম্‌পীয়ার = কুলম্ব/সেকেণ্ড**। কোন বিন্দু দিয়া I অ্যাম্‌পীয়ার তড়িৎপ্রবাহ চালিত হইবার ফলে যদি t সেকেণ্ডে Q কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহিত হয়, তাহা হইলে

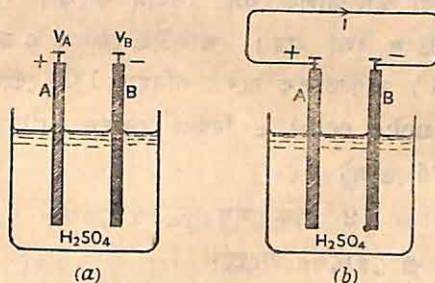
$$I = Q/t$$

$$\text{বা } Q = I \times t$$

---

* দুইটি সমান্তরাল তারের মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ একই দিকে বা বিপরীত দিকে চালিত হইলে উহাদের মধ্যে যথাক্রমে আকর্ষণ বা বিকর্ষণ ঘটে। আধুনিক কালে প্রচলিত S. I. একক অনুসারে অ্যাম্‌পীয়ারের সংজ্ঞা হইল এইরূপ :—এক মিটার দূরে অবস্থিত দুইটি সুদীর্ঘ ও অতিশয় সরু তারের মধ্য দিয়া যে তড়িৎপ্রবাহ চালিত হইলে উহাদের মধ্যে প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যের জন্য 2×10^{-7} নিউটন বল সৃষ্টি করে, তাহাকে এক অ্যাম্‌পীয়ার বলে।

তড়িচ্চালক বল

কাচপাত্রে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে একটি তামার পাত ও একটি দস্তার পাত ডুবাইয়া সরল ভোল্‌টীয় কোষ (simple Voltaic cell) তৈয়ারী করা হয় (4.2 নং চিত্র)। কোষের ভিতর রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে তামার পাতটি ধনাত্মক আধানযুক্ত হইয়া উচ্চবিভবসম্পন্ন ও দস্তার পাতটি ঋণাত্মক আধানযুক্ত হইয়া নিম্নবিভবসম্পন্ন হয়। ইহাদিগকে যথাক্রমে ধনাত্মক তড়িদ্দ্বার (বা অ্যানোড) ও ঋণাত্মক তড়িদ্দ্বার (বা ক্যাথোড) বলে। তামার তারের মত কোন ধাতব বস্তু দিয়া দুইটি তড়িদ্দ্বারকে সংযুক্ত করিলে ঐ বস্তুর মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ তামার পাত হইতে দস্তার পাতে চালিত হয়। খণ্ডিত বা উন্মুক্ত বর্তনী (open circuit)

4.2 নং চিত্র—সরল ভোল্‌টীয় কোষ। A—তামার পাত, B—দস্তার পাত।
(a) উন্মুক্ত বর্তনী অবস্থা। তড়িচ্চালক বল $=V_A-V_B$।
(b) বদ্ধ বর্তনী অবস্থা। I—তড়িৎপ্রবাহ।

অবস্থায় অর্থাৎ বাহির হইতে সংযোগ স্থাপন না করিলে অ্যানোড ও ক্যাথোডের মধ্যে যে বিভব-প্রভেদ বর্তমান থাকে, তাহাকে কোষটির **তড়িচ্চালক বল** (electromotive force, সংক্ষেপে e.m.f.) বলা হয়। 4.2 a) নং চিত্রে অ্যানোড ও ক্যাথোডের বিভবকে যথাক্রমে V_A ও V_B ধরিলে (V_A-V_B) হইতেছে তড়িচ্চালক বল। দুইটি পাতকে বাহির হইতে ধাতব বস্তু দ্বারা সংযুক্ত করিলে এই তড়িচ্চালক বলের জন্যই ঐ বস্তুর মধ্য দিয়া অ্যানোড হইতে ক্যাথোডে তড়িৎপ্রবাহ চালিত হয় (4.2(b) নং চিত্র)। কোষের মধ্যে আভ্যন্তরীণ ক্রিয়ার ফলে সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া এই তড়িৎপ্রবাহ চালিত হয় ক্যাথোড হইতে অ্যানোডে। সংহত বা বদ্ধ বর্তনী (closed circuit) অবস্থায় অর্থাৎ অ্যানোড ও

ক্যাথোড বাহির হইতে যুক্ত হইয়া যখন তড়িৎপ্রবাহ চালিত হয়, তখন দুইটি তড়িদ্দ্বারের মধ্যে বিভব-প্রভেদ পূর্বের তুলনায় হ্রাসপ্রাপ্ত হয়; সুতরাং এই বিভব-প্রভেদ তড়িচ্চালক বল অপেক্ষা কম। তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ I ও কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ r হইলে এই বিভব-প্রভেদ তড়িচ্চালক বল অপেক্ষা rI পরিমাণ কম হয়।*

বিভব বা বিভব-প্রভেদের ব্যবহারিক একক হইতেছে ভোল্ট্। তড়িচ্চালক বল মূলতঃ বিভব-প্রভেদ বলিয়া ইহাকেও ভোল্ট্ এককে প্রকাশ করা হয়। যে বিভব-প্রভেদের মধ্য দিয়া এক কুলম্ব আধান চালিত করিলে এক জুল কার্য করা হয়, তাহাকে **ভোল্ট্** (volt) বলে।

সরল ভোল্টীয় কোষের মত সব বৈদ্যুতিক কোষেই অ্যানোড ও ক্যাথোডের মধ্যে তড়িচ্চালক বল বর্তমান থাকে। সেইজন্য উহাদের তড়িৎপ্রবাহের উৎস বলা যায়। ভোল্টীয় কোষে ও ড্যানিয়েল কোষে (Daniel cell) তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ 1·08 ভোল্ট্, লেকল্যান্স্ কোষ (Leclanche cell) ও নির্জল কোষে (dry cell)** ইহার পরিমাণ প্রায় 1·5 ভোল্ট্।

4.2 ওহ্মের সূত্র ও রোধ

ওহ্মের সূত্র ও রোধের সংজ্ঞা

তড়িৎপ্রবাহের উৎপত্তির মূলে যে বিভব-প্রভেদ রহিয়াছে, তাহা পূর্বে আলোচনা করা হইয়াছে। বস্তুতঃ যে-কোন পরিবাহীর (conductor) ক্ষেত্রে এই দুইটি রাশির মধ্যে একটি সহজ সম্পর্ক রহিয়াছে। 1826 খৃষ্টাব্দে জর্জ সাইমন ওহ্ম এই সম্পর্কটি আবিষ্কার করেন। ইহা ওহ্মের সূত্র নামে পরিচিত।

ওহ্মের সূত্রঃ কোন পরিবাহী বস্তুর তাপমাত্রা ও অন্যান্য ভৌত অবস্থা† অপরিবর্তিত থাকিলে উহার ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ উহার প্রান্তদ্বয়ের মধ্যে বিভব-প্রভেদের সহিত সমানুপাতিক।

কোন পরিবাহীর ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ I ও উহার দুই প্রান্ত A ও

---

* 4.2 অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

** টর্চ, ট্র্যানজিসটর রেডিও ইত্যাদিতে যে ব্যাটারী ব্যবহৃত হয়, তাহা নির্জল কোষ।

† অন্যান্য ভৌত অবস্থা বলিতে বস্তুটির আকার, আয়তন ইত্যাদি বুঝায়।

B-এর মধ্যে বিভব-প্রভেদ $V_A - V_B = V$ হইলে ওহ্মের সূত্র অনুযায়ী $I \propto V$ বা $V \propto I$। সুতরাং

$$V = RI$$

এখানে R একটি ধ্রুবক। এই সমীকরণটিকে $I = V/R$ রূপেও লেখা যায়। এই সমীকরণ হইতে বুঝা যায় যে, V কয়েক গুণ বাড়িয়া গেলে বা কয়েক ভাগ কমিয়া গেলে I-ও ঠিক তত গুণ বাড়িয়া যায় বা তত ভাগ কমিয়া যায়।

V নির্দিষ্ট থাকিলে R যত বাড়ে, I তত কমিয়া যায়, অর্থাৎ R তড়িতের প্রবাহে বাধা বা রোধের পরিমাণ সূচিত করে। এইজন্য R ধ্রুবকটিকে পরিবাহী বস্তুর **রোধ** (resistance) বলা হয়। রোধের বিপরীত রাশি অর্থাৎ 1/R-কে বস্তুটির **পরিবাহিতা** (conductance) বলে।

রোধের একক

রোধের একক হইতেছে ওহ্ম। উপরের সমীকরণ হইতে আমরা পাই $R = V/I$; সুতরাং $V = 1$ এবং $I = 1$ হইলে $R = 1$। যে পরিবাহী বস্তুর প্রান্তদ্বয়ের মধ্যে এক ভোল্ট বিভব-প্রভেদ থাকিলে উহার ভিতর দিয়া এক অ্যাম্পীয়ার তড়িৎপ্রবাহ চালিত হয়, সেই বস্তুর রোধকে **ওহ্ম** (ohm) বলে। গ্রীক অক্ষর Ω (ওমেগা) দ্বারা এই এককটি সূচিত করা হয়। 0°C তাপমাত্রায় সমান প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট,* 106·3 সে. মি. উচ্চ ও 14·4521 গ্রাম ভরসম্পন্ন পারদস্তম্ভের রোধকে **আন্তর্জাতিক ওহ্ম** বলা হয়।

রোধের মান ও রোধাঙ্ক

কোন পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ A অপরিবর্তিত থাকিলে উহার রোধ R উহার দৈর্ঘ্য l-এর সমানুপাতিক হয় ; $R \propto l$। l যতগুণ বাড়ে, R-ও ততগুণ বাড়িয়া যায়। আবার পরিবাহীর দৈর্ঘ্য অপরিবর্তিত থাকিলে উহার রোধ R উহার প্রস্থচ্ছেদ A-এর ব্যস্তানুপাতিক হয় ; $R \propto 1/A$। A যত বাড়ে, R তত কমিয়া যায়। এইজন্য মোটা তারের রোধ সরু তারের রোধ অপেক্ষা কম।

* সহজ হিসাব হইতে দেখা যায় যে, এই প্রস্থচ্ছেদ প্রায় 1 বর্গ মিলিমিটার।

উপরের আলোচনা হইতে আমরা লিখিতে পারি

$$R = sl/A$$

এখানে S একটি ধ্রুবক। ইহাকে পরিবাহী পদার্থের **রোধাঙ্ক** (specific resistance বা resistivity) বলে। ইহার একক হইল ওহ্ম সে. মি.।

কোন পদার্থের রোধাঙ্ক বলিতে সেই পদার্থ দ্বারা নির্মিত এক সেন্টিমিটার দীর্ঘ ও এক বর্গ সেন্টিমিটার প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট বস্তুর রোধ বুঝায়। বিভিন্ন পদার্থের রোধাঙ্ক বিভিন্ন হয়। যে পদার্থের রোধাঙ্ক যত কম, তাহা তত ভালভাবে তড়িৎ পরিবহন করিতে পারে। 18°C তাপমাত্রায় রূপা, তামা ও অ্যালুমিনিয়ামের রোধাঙ্ক হইতেছে যথাক্রমে $1{\cdot}66 \times 10^{-6}$, $1{\cdot}78 \times 10^{-6}$ ও $2{\cdot}94 \times 10^{-6}$ ওহ্ম সে. মি.।

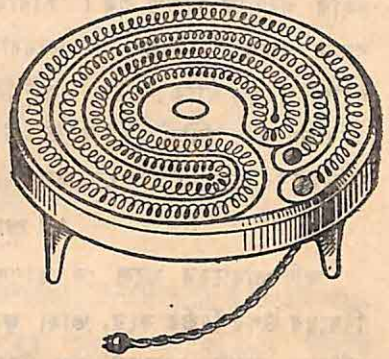
রোধ ও তাপমাত্রা

তাপমাত্রা বাড়িলে বস্তুর রোধ সাধারণতঃ বাড়িয়া যায়। বৈদ্যুতিক বাতির ভিতর সরু তারের যে ফিলামেণ্ট থাকে, বাতি জ্বালিলে উত্তাপের ফলে উহার রোধ কয়েক গুণ বাড়িয়া যায়। কোন কোন ক্ষেত্রে তাপমাত্রা বাড়িলে রোধ কমিয়া যায়। উদাহরণ হিসাবে কার্বন নির্মিত বস্তুর উল্লেখ করা যাইতে পারে।

4.3 তড়িৎপ্রবাহের তাপীয় প্রভাব

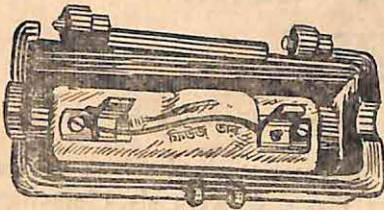
কোন বস্তুর মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালিত হইলে বস্তুটির রোধের জন্য তড়িৎ চলিবার পথে বাধাপ্রাপ্ত হয়। এই বাধা অতিক্রম করিয়া চলিতে হয় বলিয়া তড়িৎকে কার্য করিতে হয় এবং ইহা বস্তুটিতে তাপ-শক্তিরূপে প্রকাশ পায় ও বস্তুটি উত্তপ্ত হইয়া উঠে। ইহাকে তড়িৎপ্রবাহের তাপীয় প্রভাব বলা হয়। বস্তুতঃ এইক্ষেত্রে তড়িৎ-শক্তি তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

বৈদ্যুতিক হিটার, কেতলী, ইস্ত্রি, বাতি ইত্যাদি আমাদের নিত্যব্যবহার্য উপকরণে আমরা তড়িৎ-শক্তির তাপীয় ফলের প্রয়োগ দেখিতে পাই। বৈদ্যুতিক হিটারে উচ্চরোধসম্পন্ন এবং উচ্চ গলনাঙ্কের তারের কুণ্ডলার মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চালিত করিয়া তাপ উৎপন্ন করা হয়। এই তার সাধারণতঃ নাইক্রোম (nichrome) নামক সংকর ধাতু দ্বারা তৈয়ারী হয়। কুণ্ডলীকৃত তারটি একটি তাপসহ এবং তড়িৎ-অপরিবাহী পদার্থের

(যথা, পোর্সিলেন, ফায়ার ক্লে, অভ্র) উপর পেঁচান খাঁজের মধ্যে রাখা হয় এবং সমগ্র বস্তুটি একটি ধাতব আধারের মধ্যে স্থাপিত হয়। কুণ্ডলীকৃত তারের প্রান্তদ্বয় ছিদ্রের মধ্য দিয়া হিটারের নীচের দিকে লইয়া যাওয়া হয় এবং সেখান হইতে উহাদিগকে অন্তরিত তারের সাহায্যে তড়িৎ সরবরাহ লাইনের সহিত সংযুক্ত করা হয়। তারের উপর কোন আবরণ থাকে না এবং কোন বস্তুকে উত্তপ্ত করিবার জন্য উহাকে হিটারের উপর রাখিলে উত্তপ্ত তার হইতে তাপ সরাসরি উহাতে আসিয়া পড়ে।

4.3 নং চিত্র—বৈদ্যুতিক হিটার

বৈদ্যুতিক ইস্ত্রিতেও অনুরূপ ভাবে তাপ উৎপন্ন করিবার ব্যবস্থা থাকে। ইহাতে একটি অভ্রের পাতে নাইক্রোমের তারকুণ্ডলী জড়াইয়া উহাকে ত্রিভুজাকৃতি লোহার আবরণের মধ্যে অন্তরিত করিয়া রাখা হয়।

বৈদ্যুতিক বাতিতে একটি কাচের বাল্‌বের মধ্যে দুইটি মোটা তারের অগ্রভাগে একটি অতি সূক্ষ্ম তারের কুণ্ডলী থাকে; ইহাকে **ফিলামেণ্ট** (filament) বলে। ইহা অধিক রোধসম্পন্ন ও উচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট টাংস্টেন ধাতু দ্বারা গঠিত হয়। বাতির কাচের বাল্‌বটি সাধারণতঃ নিষ্ক্রিয় গ্যাস দ্বারা পূর্ণ থাকে। তড়িৎপ্রবাহ ফিলামেণ্টের মধ্য দিয়া প্রবাহিত হইলে ফিলামেণ্টটি উত্তপ্ত হইয়া আলো বিকিরণ করে।

তড়িৎপ্রবাহের তাপীয় ফলের উপর ভিত্তি করিয়া বৈদ্যুতিক ফিউজ তার ব্যবহার করিয়া মূল্যবান যন্ত্র বা তারব্যবস্থাকে অত্যধিক তড়িৎ-প্রবাহজনিত ক্ষয়ক্ষতি (আগুন লাগিয়া যাওয়া বা গলিয়া যাওয়া) হইতে রক্ষা করা যায়। এইজন্য ঐ যন্ত্র বা তারব্যবস্থার তড়িদ্‌বর্তনীর মধ্যে একটি ফিউজ তার লাগান থাকে। ফিউজ তারটি

4.4 নং—বৈদ্যুতিক ফিউজ তারব্যবস্থা

একটি সংকর (সাধারণতঃ সীসা ও টিনের সংকর) ধাতু-নির্মিত তার। ইহার গলনাঙ্ক যথেষ্ট কম। সাধারণতঃ ইহা একটি চীনামাটির কাঠামোয় বসান থাকে। যন্ত্র বা তারব্যবস্থার কোন ক্রটিবশতঃ তড়িৎপ্রবাহ হঠাৎ বাড়িতে থাকিলে উহা একটি নির্দিষ্ট উচ্চসীমা (যেমন 5A বা 10A) অতিক্রম করিবামাত্র ফিউজ তারটি উত্তাপের ফলে গলিয়া যায়। তখন বর্তনীটি বিচ্ছিন্ন হয় এবং সেইজন্য তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ হইয়া যায়।

4.4 জুলের সূত্র

তড়িৎপ্রবাহের ফলে যে তাপশক্তির উদ্ভব হয়, তাহা কোন্ কোন্ বিষয়ের উপর নির্ভর করে, তাহা জুলের সূত্র হইতে জানা যায়। 1841 খৃষ্টাব্দে জেম্‌স প্রেস্‌কট জুল ইহা প্রণয়ন করেন। ধরা যাউক, R রোধসম্পন্ন কোন পরিবাহীর মধ্য দিয়া I তড়িৎপ্রবাহ t সেকেণ্ড চালিত হইলে H তাপ উৎপন্ন হয়।

জুলের তাপ উৎপাদনের সূত্র :— (ক) কোন নির্দিষ্ট পরিবাহীর মধ্য দিয়া নির্দিষ্ট সময় ধরিয়া তড়িৎপ্রবাহ চলিবার ফলে পরিবাহীটিতে উৎপন্ন তাপ তড়িৎপ্রবাহের বর্গের সমানুপাতিক হয় (অর্থাৎ R ও t অপরিবর্তিত থাকিলে $H \propto I^2$)।

(খ) পরিবাহীর মধ্য দিয়া নির্দিষ্ট সময় ধরিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ চালিত হইলে উৎপন্ন তাপ পরিবাহীর রোধের সমানুপাতিক হয় (অর্থাৎ I ও t অপরিবর্তিত থাকিলে $H \propto R$)।

(গ) কোন নির্দিষ্ট পরিবাহীর মধ্য দিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ যতক্ষণ চালিত হয়, উৎপন্ন তাপ সেই সময়ের সমানুপাতিক হয় (অর্থাৎ I ও R অপরিবর্তিত থাকিলে $H \propto t$)।

সূত্রটির অংশগুলি একত্র করিলে আমরা পাই

$$H \propto I^2Rt$$

যেহেতু I^2Rt তাপ উৎপাদনের জন্য কার্যের পরিমাণকে* বুঝায়, সুতরাং

* মনে করা যাউক, A ও B বিন্দুর মধ্যে বিভব-প্রভেদ V এবং Q আধানকে A হইতে B বিন্দুতে লওয়া হইল। তাহা হইলে কার্যের পরিমাণ $W=VQ$। যদি I তড়িৎপ্রবাহ t সেকেণ্ড চলিবার ফলে Q আধান প্রবাহিত হইয়া থাকে, $Q=It$। সুতরাং $W=VIt$। যদি A ও B বিন্দুর মধ্যে রোধ R হয়, তাহা হইলে ওহ্‌মের সূত্র অনুসারে $V=IR$। অতএব $W=IRIt=I^2Rt$।

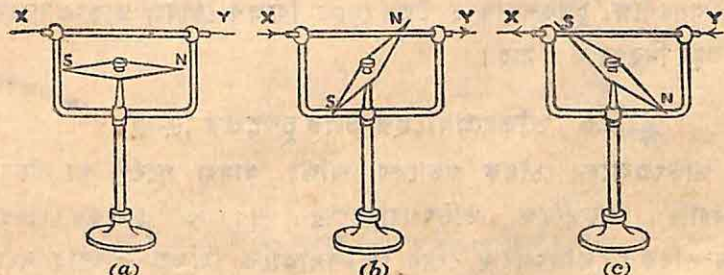
$$H = \frac{I^2Rt}{J}$$

এখানে J হইতেছে জুলের যান্ত্রিক তুল্যাঙ্ক (4·2 জুল/ক্যালরি)। H-কে ক্যালরিতে, I-কে অ্যাম্পীয়ারে ও R-কে ওহ্‌মে প্রকাশ করিলে $H = 0{\cdot}24\ I^2Rt$। জুলের সূত্রের যাথার্থ্য পরীক্ষা হইতে প্রমাণ করা যায়।

4.5 চুম্বকের উপর তড়িৎপ্রবাহের ক্রিয়া

উরস্টেডের পরীক্ষা

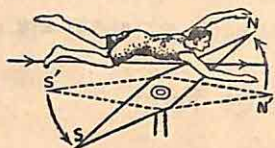
ডেনমার্কের বৈজ্ঞানিক উরস্টেড (Oersted) 1819 খৃষ্টাব্দে একটি সহজ পরীক্ষায় চুম্বকের উপর তড়িৎপ্রবাহের প্রভাব লক্ষ্য করেন। তাঁহার পরীক্ষাটি নিম্নে বর্ণিত হইল।

উত্তর-দক্ষিণমুখী চুম্বক শলাকা NS-এর উপরে একটি পরিবাহী তার XY শলাকাটির সহিত সমান্তরালভাবে রহিয়াছে (4.5(a) নং চিত্র)। চুম্বকশলাকাটি একটি অনুভূমিক তলে সহজে ঘুরিতে পারে।

4.5 নং চিত্র—উরস্টেডের পরীক্ষা।

(a) তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ আছে; (b) তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ X হইতে Y-এর দিকে; (c) তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ Y হইতে X-এর দিকে।

এইবার XY-তারের মধ্য দিয়া X হইতে Y অভিমুখে তড়িৎপ্রবাহ চালিত হইলে চুম্বকশলাকাটি বিক্ষিপ্ত হইয়া তারের সহিত তির্যকভাবে অবস্থান করিবে (4.5(b) নং চিত্র)। তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ বিপরীত হইলে চুম্বকশলাকার বিক্ষেপ বিপরীত দিকে হয় (4.5(c) নং চিত্র)।

যেহেতু চুম্বকশলাকা কেবলমাত্র চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিক্ষিপ্ত হইতে পারে, অতএব উরস্টেডের পরীক্ষা হইতে বুঝা যায় যে, কোন পরিবাহীর

মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালিত হইলে উক্ত পরিবাহীর সন্নিকটে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। তড়িৎপ্রবাহ যত অধিকমাত্রার হয়, চুম্বকশলাকার বিক্ষেপও তত বেশী।

অ্যাম্‌পীয়ারের সন্তরণ নিয়ম

4.6 নং চিত্র—অ্যাম্‌পীয়ারের সন্তরণ নিয়ম।
N'S'—তড়িৎপ্রবাহ না থাকিলে চুম্বকশলাকার অবস্থান

উত্তর-দক্ষিণমুখী কোন চুম্বক-শলাকার উপর তড়িৎপ্রবাহসম্পন্ন তার ধরিলে চুম্বকশলাকার উত্তর মেরু কোন্ দিকে বিক্ষিপ্ত হয়, তাহা অ্যাম্‌পীয়ারের সন্তরণ নিয়মের সাহায্যে নির্ণয় করা যাইতে পারে।

মনে করা যাউক, কোন ব্যক্তি চুম্বকশলাকার দিকে মুখ করিয়া তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখে সাঁতার দিয়া অগ্রসর হইতেছে (4.6 নং চিত্র)। এই অবস্থায় সেই ব্যক্তির বাম হস্ত যে দিকে থাকিবে, চুম্বকশলাকার উত্তর মেরু সেইদিকে বিক্ষিপ্ত হইবে।

অপরপক্ষে, চুম্বকশলাকার উত্তর মেরুর বিক্ষেপ দেখিয়া তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ নিরূপণ করা যায়।

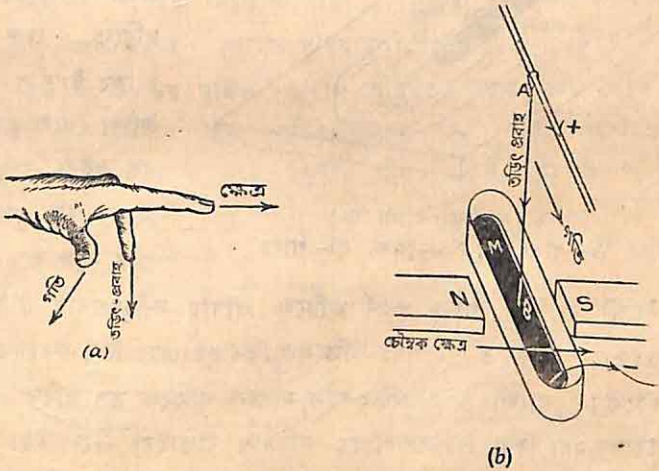
4.6 তড়িৎপ্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়া

তড়িৎপ্রবাহের চৌম্বক প্রভাবের অস্তিত্ব আমরা পূর্বেই আলোচনা করিয়াছি। প্রকৃতপক্ষে, তড়িৎপ্রবাহসম্পন্ন তার ও চুম্বকের ক্রিয়া পারস্পরিক। তড়িৎপ্রবাহ যেমন চুম্বকশলাকাকে বিক্ষিপ্ত করিবার সময় তাহার উপর একটি বল প্রয়োগ করে, গতিবিদ্যার সূত্র অনুযায়ী চুম্বক-শলাকাটিও সেইরূপ ঐ প্রবাহের উপর সমমানের একটি বিপরীত বল প্রয়োগ করিয়া থাকে। এইজন্য কোন তড়িৎপ্রবাহসম্পন্ন তার যদি একটি চুম্বকের সন্নিকটে লইয়া যাওয়া হয় এবং চুম্বকটি যদি স্থির থাকে, তবে তারটি বিক্ষিপ্ত হয়।

ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম

তড়িৎপ্রবাহের গতি ও চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখ জানা থাকিলে যে নিয়মের সাহায্যে তড়িৎ-পরিবাহীর গতির দিক নির্ণয় করা যায়, তাহাকে ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম (Fleming's left-hand rule) বলে ; বাম

হস্তের মধ্যমা, তর্জনী ও বৃদ্ধাঙ্গুলিকে যদি পরস্পরের সমকোণে রাখিয়া এইরূপ ভাবে প্রসারিত করা যায় যে, মধ্যমা তড়িৎপ্রবাহের এবং তর্জনী চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখে থাকে, তাহা হইলে বৃদ্ধাঙ্গুলি তড়িৎপরিবাহীর গতির অভিমুখ নির্দেশ করিবে (4.7 নং চিত্র)।

উদাহরণ হিসাবে বলা যায়, 4.7(b) নং চিত্রে N ও S মেরুদ্বয়ের মধ্যস্থিত চৌম্বক ক্ষেত্রে অবস্থিত যে পরিবাহী তার AB একটি ক্ষুদ্র আংটার সাহায্যে অনুভূমিক ধাতব দণ্ড হইতে ঝুলান রহিয়াছে, তাহার মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চলিলে তাহা তীরচিহ্নিত পথে গতিসম্পন্ন হইবে।

4.7 নং চিত্র—ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম ও তড়িৎপরিবাহীর গতি

বার্লো চক্র (Barlow's Wheel)

তড়িৎপ্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়ায় কিরূপে ঘূর্ণনগতির সৃষ্টি করা সম্ভব, তাহা বার্লো চক্রের পরীক্ষা হইতে বুঝিতে পারা যায়। ইহা তারকা-আকৃতির একটি পাতলা ধাতব চক্র ; একটি অনুভূমিক অক্ষদণ্ডের চতুর্দিকে ইহা ঘুরিতে পারে (4.8 নং চিত্র)। ইহাকে এইরূপ ভাবে রাখা হয় যে, ইহা ঘুরিতে থাকিলে নীচে কাঠের পাটাতনে একটি গর্তের ভিতর রক্ষিত পারদে ইহার দাঁতগুলির প্রান্তভাগ পর্যায়ক্রমে নিমজ্জিত হয়। পারদের বাহিরে একটি শক্তিশালী অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বক রাখিয়া চক্রের তলের সহিত লম্বভাবে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি করা হয়। একটি তড়িৎকোষের দুই প্রান্ত

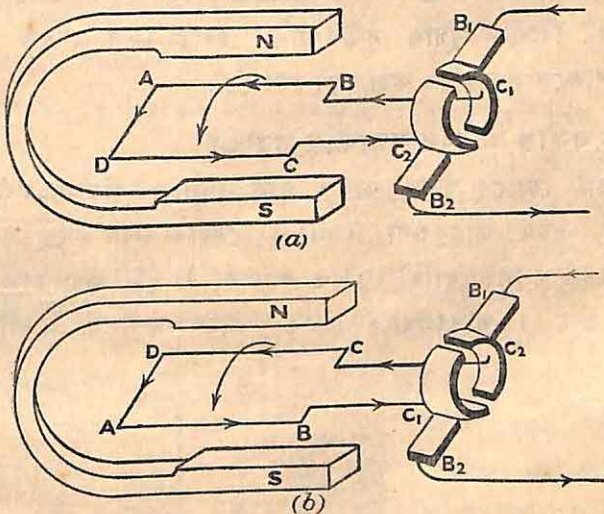
চাবি ও রিওস্ট্যাট (rheostat) বা পরিবর্তনীয় রোধকের মাধ্যমে অক্ষদণ্ড ও পারদের সহিত সংযুক্ত থাকে। ফলে চাবিবন্ধ অবস্থায় চক্রের কোন একটি দাঁত পারদ স্পর্শ করিয়া থাকিলে অক্ষদণ্ড, চক্র ও পারদের মধ্য দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালিত হয় এবং তড়িৎপ্রবাহের উপর চুম্বকক্ষেত্রের ক্রিয়ায় চক্রটি গতিসম্পন্ন হইয়া ঘুরিতে শুরু করে। চক্রের দাঁত পারদ হইতে উঠিয়া গেলে তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ হইয়া যায়। কিন্তু চক্রের গতি-জাড্যের জন্য প্রায় সঙ্গে সঙ্গেই পরবর্তী দাঁতটি আসিয়া পারদ স্পর্শ করিলে আবার তড়িৎপ্রবাহ চালিত হয়। এইভাবে চক্রটিতে পুনঃপুনঃ গতি সঞ্চারিত হয় এবং উহা ক্রমাগত ঘুরিতে থাকে। বার্লো চক্রে তড়িৎ-শক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এই চক্রের মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ বাড়াইয়া দিলে ইহা অধিকতর বেগে ঘোরে। ইহার ঘূর্ণনের দিক ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম দ্বারা নির্ধারিত হয়। তড়িৎপ্রবাহের দিক (বা চৌম্বক ক্ষেত্রের দিক) বিপরীত করিয়া দিলে চক্রও বিপরীত দিকে ঘোরে।

4.8 নং চিত্র—বার্লো চক্র।
W—ধাতব চক্র, NS—চুম্বক, M—পারদ

বৈদ্যুতিক মোটর (Electric Motor)

এই যন্ত্রের মূল কার্যনীতি বার্লো চক্রের ন্যায় এবং ইহাতেও তড়িৎ-শক্তি যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ইহাতে চৌম্বক ক্ষেত্রের উপস্থিতিতে তড়িৎ পরিবহনকারী তারকুণ্ডলী ঘূর্ণনগতি প্রাপ্ত হয় ; এই গতির অভিমুখ ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম দ্বারা নির্ণয় করা যাইতে পারে। এইজন্য এই নিয়মকে **মোটর নিয়মও** (motor rule) বলে।

বৈদ্যুতিক মোটরের প্রধান অংশসমূহের নক্সা 4.9 নং চিত্রে দেখান

হইয়াছে। ইহাতে **ক্ষেত্র চুম্বক** (field magnet) নামে শক্তিশালা তড়িচ্চুম্বক* NS-এর সাহায্যে তীব্র চৌম্বক ক্ষেত্র উৎপন্ন করা হয়। এই চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে একটি কাঁচা লোহার বেলনের (cylinder) উপর আবদ্ধ তারকুণ্ডলী অনেকগুলি পাকে বিভিন্ন তলে জড়ান থাকে। ইহাকে **আর্মেচার** (armature) বলে। আর্মেচার হইতে তারের প্রান্তদ্বয় একটি খণ্ডিত-বলয় কম্যুটেটরের দুই অংশ C_1 ও C_2-এর সহিত যুক্ত থাকে। বাহিরের কোন তড়িৎ-উৎস হইতে C_1 ও C_2-এর মধ্যে বিভব-প্রভেদ সৃষ্টি করা হয়; ফলে আর্মেচারের তারকুণ্ডলীর মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালিত হয়। সেইজন্য ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম অনুযায়ী তারকুণ্ডলী গতিসম্পন্ন হয় এবং আর্মেচারটি ঘুরিতে থাকে। অর্ধেক ঘুরিবার পর কম্যুটেটর পাতদ্বয় C_1 ও C_2 ব্রাশ B_1 ও B_2-এর সহিত সংযোগ পরিবর্তন করে এবং সেইজন্য আর্মেচারের তারকুণ্ডলীর মধ্যে তড়িৎপ্রবাহের দিক পরিবর্তিত হয়। ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম দ্বারা দেখান যায় যে, 4.9(a) নং চিত্রে

4.9 নং চিত্র—বৈদ্যুতিক মোটর।
NS—চুম্বক; ABCD—তারকুণ্ডলী; C_1, C_2—কম্যুটেটর; B_1, B_2—ব্রাশ

কুণ্ডলীর AB বাহুর উপর উপরদিকে বল প্রযুক্ত হইবে কিন্তু আর্মেচার ঘুরিবার পর AB বাহুর নূতন অবস্থানে (4·9(b) নং চিত্র) নীচের দিকে

* তড়িচ্চুম্বকের সংজ্ঞার জন্য 5.1 নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

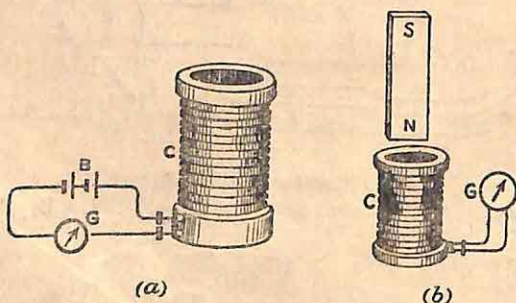
বল প্রযুক্ত হইবে। কুণ্ডলীর অন্য বাহুর উপর প্রযুক্ত বলের ক্রিয়া অনুরূপ হওয়ায় কুণ্ডলীটি একই দিকে (এইক্ষেত্রে তীরচিহ্নিত দিকে) আবর্তিত হইবে।

বৈদ্যুতিক পাখা, ট্রাম, বৈদ্যুতিক রেলগাড়ী, পাম্প ইত্যাদি বিবিধ যন্ত্রে বৈদ্যুতিক মোটরের প্রয়োগ হয়।

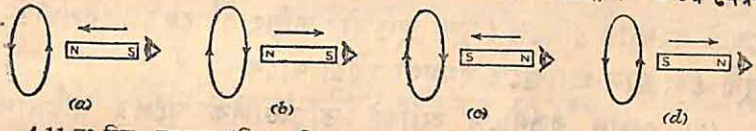
4.7 তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ

1831 খৃষ্টাব্দে মাইকেল ফ্যারাডে পরীক্ষা করিয়া দেখিয়াছিলেন যে, কোন আবদ্ধ তারকুণ্ডলীর (closed coil) নিকট একটি চুম্বক বা অন্য একটি তড়িৎপ্রবাহসম্পন্ন তারকুণ্ডলীকে নড়াইলে ঐ আবদ্ধ তারকুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ উৎপন্ন হয়। আবার চুম্বক বা অন্য তারকুণ্ডলীটিকে স্থির রাখিয়া আবদ্ধ কুণ্ডলীকে উহার নিকট নড়াইলেও আবদ্ধ কুণ্ডলীতে তড়িৎ-প্রবাহের স্থষ্টি হয়। চৌম্বক ক্ষেত্র ও আবদ্ধ কুণ্ডলীর মধ্যে আপেক্ষিক গতির ফলে এই যে তড়িৎপ্রবাহের উৎপত্তি, ইহাকে **তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ** (electromagnetic induction) বলা হয়। ফ্যারাডের এই আবিষ্কার বিজ্ঞানে যুগান্ত সৃষ্টিকারী। ইহার ফলে যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত করা সম্ভব হইয়াছে।

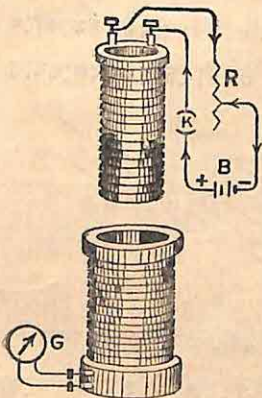
তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ সম্পর্কীয় পরীক্ষা

একটি চোঙের উপর কয়েক পাক অন্তরিত (insulated) তার জড়াইয়া একটি তারকুণ্ডলী (coil) C তৈয়ার করা আছে। কুণ্ডলীর সহিত একটি গ্যালভানোমিটার G ও ব্যাটারী B যুক্ত করা হইল (4.10 (a) নং চিত্র)। তড়িৎপ্রবাহের কোন অভিমুখের জন্য গ্যালভানোমিটারের

4.10 নং চিত্র—চুম্বকের সাহায্যে তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ সম্পর্কীয় পরীক্ষা।
C—তারকুণ্ডলী, G—গ্যালভানোমিটার, B—ব্যাটারী, NS—চুম্বক।

কাঁটা কোন দিকে বিক্ষিপ্ত হয়, তাহা লক্ষ্য করিতে হয়। এইবার ব্যাটারী কুণ্ডলী হইতে বিযুক্ত করিয়া কুণ্ডলীটি সরাসরি গ্যালভানোমিটারের সহিত যুক্ত করিতে হইবে (4.10(b) নং চিত্র)।

একটি দণ্ডচুম্বক (bar magnet) NS-এর উত্তর মেরু কুণ্ডলীর মধ্যে দ্রুত প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হইল। গ্যালভানোমিটারে বিক্ষেপ দেখা যাইবে এবং উহা হইতে স্থির করা যাইবে যে কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ বামাবর্তে (anti-clockwise) চলিতেছে (4.11(a) নং চিত্র)। উত্তর মেরু

4.11 নং চিত্র—চুম্বকের গতির অভিমুখ ও চুম্বকের মেরুদ্বয়ের অবস্থানের উপর আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের দিক নির্ভর করে।

দ্রুত বাহির করিয়া লইলে তড়িৎপ্রবাহ দক্ষিণাবর্তে (clockwise) প্রবাহিত হইবে (4.11(b) নং চিত্র)। চুম্বকের উত্তর মেরুর পরিবর্তে দক্ষিণ মেরু কুণ্ডলীর সন্নিকটে আনিলে প্রবাহের অভিমুখ পূর্বের বিপরীত হইবে (4.11(c) ও(d) নং চিত্র)।

ইহা লক্ষণীয় যে, দণ্ডচুম্বক যখন কুণ্ডলীর মধ্যে স্থির থাকে, তখন কোন তড়িৎপ্রবাহ উৎপন্ন হয় না। আরও দেখা যায় যে, দণ্ডচুম্বক অধিক বেগে কুণ্ডলীতে প্রবেশ করাইলে বা কুণ্ডলী হইতে বাহির করিলে তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ (এবং তাহার জন্য গ্যালভানোমিটারে বিক্ষেপের পরিমাণ) বেশী হইয়া থাকে।

4.12 নং চিত্র—তারকুণ্ডলীর সাহায্যে তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ সম্পর্কীয় পরীক্ষা।
G—গ্যালভানোমিটার,
B—ব্যাটারী, K—চাবি,
R—রোধক

তড়িৎপ্রবাহসম্পন্ন তারকুণ্ডলী চৌম্বক ধর্ম প্রাপ্ত হয় বলিয়া চুম্বকের পরিবর্তে একটি তড়িৎপ্রবাহসম্পন্ন তারকুণ্ডলী দ্বারা অনুরূপ পরীক্ষা করা যাইতে পারে (4.12 নং চিত্র)। এইক্ষেত্রে ঐ কুণ্ডলীকে **মুখ্য কুণ্ডলী** (primary coil) এবং যে কুণ্ডলীতে তড়িৎপ্রবাহ উৎপন্ন হয়, তাহাকে **গৌণ কুণ্ডলী** (secondary coil) বলা হয়।

ফ্যারাডের সূত্র

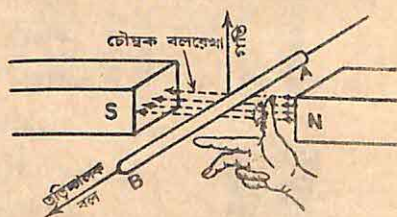
উপরিউক্ত পরীক্ষাগুলির উপর ভিত্তি করিয়া ফ্যারাডে তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ সম্পর্কে দুইটি সূত্রের উল্লেখ করেন :—

(1) কোন বর্তনীতে চৌম্বক বলরেখার* মোট সংখ্যার পরিবর্তন হইলে উহাতে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হয়। যতক্ষণ চৌম্বক বলরেখার পরিবর্তন হয়, ততক্ষণই আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল স্থায়ী হয়। এই বলজনিত তড়িৎপ্রবাহ চৌম্বক বলরেখার মোট সংখ্যার বৃদ্ধিতে (মুখ্য কুণ্ডলীর তড়িৎপ্রবাহের) বিপরীত-মুখী এবং হ্রাস-প্রাপ্তিতে সমমুখী হইয়া থাকে।

(2) কোন বর্তনীতে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ (এবং তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ) ঐ বর্তনীতে চৌম্বক বলরেখার পরিবর্তনের হারের সমানুপাতিক হইয়া থাকে।

ফ্লেমিং-এর দক্ষিণহস্ত নিয়ম

আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বা তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ নির্দিষ্ট করিবার জন্য ফ্লেমিং-এর দক্ষিণহস্ত নিয়ম (Fleming's right-hand rule) নামক একটি সহজ নিয়ম আছে। নিয়মটি হইল এইরূপ :—

দক্ষিণ হস্তের তর্জনী, মধ্যমা ও বৃদ্ধাঙ্গুলিকে যদি পরস্পরের সমকোণে রাখিয়া এইরূপ ভাবে প্রসারিত করা যায় যে, তর্জনী চৌম্বক বলরেখার অভিমুখে এবং বৃদ্ধাঙ্গুলি তড়িৎ-পরিবাহী গতির অভিমুখে থাকে, তাহা হইলে মধ্যমা আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল বা তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ নির্দেশ করিবে।

4.13 নং চিত্র—ফ্লেমিং-এর দক্ষিণহস্ত নিয়ম

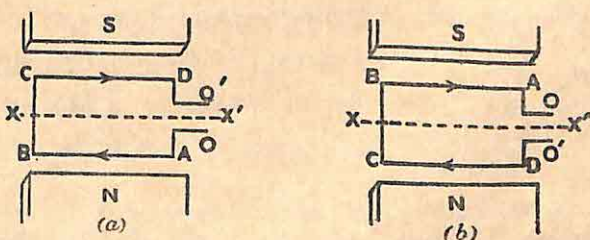
উদাহরণস্বরূপ, 4.13 নং চিত্রে উত্তর ও দক্ষিণ মেরু N ও S-এর মধ্যে

* কোন চৌম্বক ক্ষেত্রে কল্পিত চুম্বকীয় উত্তর মেরুর গতিপথকে চৌম্বক বলরেখা (magnetic lines of force) বলে। এই বলরেখা চুম্বকের উত্তর মেরু হইতে দক্ষিণ মেরু পর্যন্ত বিস্তৃত হয়। নির্দিষ্ট মাধ্যমে প্রতি একক বর্গক্ষেত্রে চৌম্বক বলরেখার সংখ্যা চৌম্বক ক্ষেত্রের সহিত সমানুপাতিক।

যে সকল চৌম্বক বলরেখা রহিয়াছে, সেইগুলির সহিত সমকোণ করিয়া একটি তড়িৎপরিবাহী দণ্ড AB-কে যদি উপর দিকে উঠান যায়, তাহা হইলে দক্ষিণহস্ত নিয়ম অনুযায়ী তড়িচ্চালক বল (বা তড়িৎপ্রবাহ) AB অভিমুখে হইবে।

ডায়নামোর কার্যনীতি

ডায়নামো (dynamo) যন্ত্রের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তি হইতে তড়িৎ-শক্তি উৎপন্ন করা হয়। ইহার মূলতত্ত্ব ফ্যারাডে কর্তৃক আবিষ্কৃত তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের উপর প্রতিষ্ঠিত।

4.14 নং চিত্রে উত্তর ও দক্ষিণ মেরুর মধ্যে যে সকল চৌম্বক বলরেখা থাকে, তারকুণ্ডলী ABCD-কে যদি তাহাদের মধ্য দিয়া আবর্তিত করা যায়, তাহা হইলে ফ্যারাডের সূত্র অনুযায়ী কুণ্ডলীটিতে তড়িচ্চালক বল আবিষ্ট হইবে ; কারণ কুণ্ডলীটির আবর্তনের ফলে উহার ভিতর চৌম্বক বলরেখার সংখ্যার ক্রমাগত পরিবর্তন হইতে থাকে। ধরা যাউক, ABCD কুণ্ডলীটি চৌম্বক বলরেখার মধ্য দিয়া দক্ষিণাবর্তে (clockwise) ঘুরিতেছে। তাহা হইলে 4.14(a) নং চিত্রে AB-এর গতি উচ্চাভিমুখী ও CD-এর গতি নিম্নাভিমুখী। ফ্লেমিং-এর দক্ষিণহস্ত নিয়ম অনুযায়ী AB ও CD-তে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল কোন্ দিকে, চিত্রে তাহা প্রদর্শিত হইয়াছে। এখন O উচ্চবিভবসম্পন্ন ও O′ নিম্নবিভবসম্পন্ন। ABCD কুণ্ডলী অর্ধঘূর্ণনের পর যখন 4.14(b) নং চিত্রের অবস্থায় আসে, তখন AB-এর গতি নিম্নাভিমুখী ও CD-এর গতি উচ্চাভিমুখী। ফলে আবিষ্ট তড়িচ্চালক বল এখন পূর্বের বিপরীত অভিমুখে হইয়া থাকে। ফলে O′ হয় উচ্চবিভবসম্পন্ন ও O নিম্নবিভবসম্পন্ন। এইভাবে দেখা যায় যে,

4.14 নং চিত্র—তড়িচ্চালক বলের উৎপত্তি।
ABCD কুণ্ডলী জেনারেটরে দক্ষিণাবর্তে ঘুরিতেছে।

কুণ্ডলীটির একটি সম্পূর্ণ ঘূর্ণনের অর্ধেক সময় তড়িচ্চালক বল যে দিকে থাকে, বাকী অর্ধেক সময় তাহার বিপরীত দিকে থাকে।

এইরূপে যে তড়িচ্চালক বলের উৎপত্তি হয়, তাহার উপর ভিত্তি করিয়া ডায়নামো গঠন করা হয়। ইহাতে **ক্ষেত্রচুম্বক** (field magnet) নামে একটি শক্তিশালী তড়িচ্চুম্বক থাকে। উহার চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে **আর্মেচার** (armature) নামে একটি কাঁচা লোহার বেলনের (cylinder) আকৃতিবিশিষ্ট যন্ত্রাংশ আছে; উহার উপর আবদ্ধ তারকুণ্ডলী অনেকগুলি পাকে বিভিন্ন তলে জড়ান থাকে। আর্মেচারের ভিতর দিয়া একটি অনুভূমিক দণ্ড আছে। কোন যন্ত্রের সাহায্যে দণ্ডটিকে ঘুরাইলে আর্মেচার চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে দণ্ডের চতুষ্পার্শ্বে আবর্তিত হয়। ইহার ফলে উপরিউক্ত প্রক্রিয়ায় আর্মেচারের কুণ্ডলীসমূহের প্রান্তে যে তড়িচ্চালক বলের সৃষ্টি হয়, তাহা হইতে বিশেষ ব্যবস্থায় বাহিরের বর্তনীতে একমুখী তড়িৎপ্রবাহ (direct current) বা পরিবর্তী তড়িৎপ্রবাহ (alternating current) সরবরাহ করা হইয়া থাকে। তড়িৎ-উৎপাদক যন্ত্রটিকে প্রথম ক্ষেত্রে **সমপ্রবাহ ডায়নামো** (DC dynamo) ও দ্বিতীয় ক্ষেত্রে **পরিবর্তী-প্রবাহ ডায়নামো** (AC dynamo বা alternator) বলা হয়।

পঞ্চম অধ্যায়

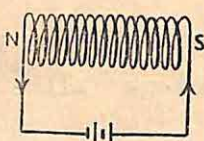
তড়িচ্চুম্বক
(Electromagnet)

পাঠ্যসূচী :

তড়িচ্চুম্বক ; টেলিফোন গ্রাহক-যন্ত্রের সরল কার্যনীতি

5.1 সলিনয়েড ও তড়িচ্চুম্বক

সলিনয়েড

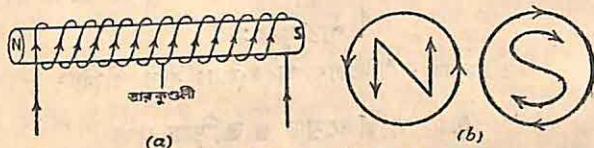
কোন পরিবাহীর মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহের ফলে উহার সন্নিকটে চৌম্বক ক্ষেত্র সৃষ্ট হয় বলিয়া দীর্ঘ তারের কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে উহা দণ্ডচুম্বকের ধর্মপ্রাপ্ত হয়। এইরূপ তারের কুণ্ডলীকে **সলিনয়েড** (solenoid) বলে (5.1 নং চিত্র)। সাধারণতঃ কোন অচৌম্বক* পদার্থের ফাঁপা খোলের উপর অন্তরিত (insulated) তারের কুণ্ডলী জড়াইয়া সলিনয়েড গঠন করা হয়।

5.1 নং চিত্র—সলিনয়েডের চৌম্বক ধর্ম। N—উত্তর মেরু, S—দক্ষিণ মেরু

সলিনয়েডের আকার নির্দিষ্ট হইলে চৌম্বক ক্ষেত্রের তীব্রতা দুইটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে—(1) প্রতি একক দৈর্ঘ্যে তারের যতগুলি পাক থাকে, সেই সংখ্যা (n), (2) তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ (I)। বস্তুতঃ ঐ তীব্রতা n ও I-এর গুণফলের সহিত সমানুপাতিক ; nI-কে প্রতি একক দৈর্ঘ্যে অ্যাম্পীয়ার-পাক (ampere-turn) বলা হয়।

তড়িচ্চুম্বক

সলিনয়েড চুম্বকধর্মী হইলেও উহার চৌম্বক ক্ষেত্র বেশী তীব্র হয় না। সলিনয়েডের ভিতরে একটি কাঁচা লোহার দণ্ড রাখিলে উহার চৌম্বক ক্ষেত্র বহুগুণ বর্ধিত হয়। অন্তরিত তারের দীর্ঘ কুণ্ডলীর ভিতর কাঁচা লোহার দণ্ড রাখিয়া **তড়িচ্চুম্বক** (electromagnet) নির্মাণ করা হয় (5.2(a) নং

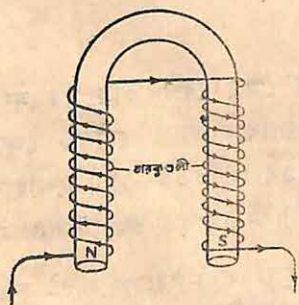
* লৌহ, কোবাল্ট, নিকেল প্রভৃতি যে সকল পদার্থ চুম্বক দ্বারা সহজেই আকৃষ্ট হইতে পারে, তাহাদিগকে সাধারণভাবে চৌম্বক (magnetic) পদার্থ বলে। অন্যান্য সকল পদার্থকে অচৌম্বক (non-magnetic) পদার্থ বলা হয়।

চিত্র)। ঐ কুণ্ডলীর ভিতর দিয়া যতক্ষণ তড়িৎপ্রবাহ চালিত হয়, ততক্ষণ দণ্ডটি চুম্বকের ধর্ম প্রাপ্ত হয়। উহার যে প্রান্তের সম্মুখ হইতে দেখিলে তড়িৎপ্রবাহকে বামাবর্তে চলিতে দেখা যায়, সেই প্রান্তটি চুম্বকের উত্তর মেরু হইবে ও অন্য প্রান্তটি হইবে দক্ষিণ মেরু (5.2 (b) নং চিত্র)।

5.2 নং চিত্র—তড়িচ্চুম্বক ও উহার দুই মেরু।
N—উত্তর মেরু, S—দক্ষিণ মেরু

তড়িচ্চুম্বকের তারের কুণ্ডলীর ভিতর তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ যত বেশী হয়, উহার চৌম্বক ক্ষেত্র তত বর্ধিত হয়। সুতরাং তড়িৎপ্রবাহকে নিয়ন্ত্রিত করিয়া তড়িচ্চুম্বকের চৌম্বক ক্ষেত্রকে পরিবর্তন করা যায়। তবে তড়িৎ-প্রবাহের পরিমাণ একটি নির্দিষ্ট সীমা অপেক্ষাও বর্ধিত করিলে চৌম্বক ক্ষেত্র আর বর্ধিত হয় না।

নির্দিষ্ট আকারের তড়িচ্চুম্বকের ক্ষেত্রের তীব্রতা দুইটি বিষয় দ্বারা নির্ধারিত হয়—(1) প্রতি একক দৈর্ঘ্যে অ্যাম্পীয়ার-পাক (nI) ও (2) ভিতরের দণ্ডের প্রকৃতি।

অশ্বক্ষুরাকৃতি তড়িচ্চুম্বক

তড়িচ্চুম্বক বিভিন্ন আকৃতির হইতে পারে। তড়িচ্চুম্বকের ভিতরের লৌহদণ্ডটি যদি অশ্বের ক্ষুরের আকৃতির হয়, তাহা হইলে উহাকে **অশ্বক্ষুরাকৃতি তড়িচ্চুম্বক** (horse-shoe electromagnet) বলে (5.3 নং চিত্র)। এইপ্রকার তড়িচ্চুম্বকের ব্যবহারই সর্বাধিক। ইহার দুই বাহুতে এইরূপভাবে তার জড়ান থাকে যে, সম্মুখ হইতে দেখিলে তড়িৎ-প্রবাহকে একটিতে বামাবর্তে ও অন্যটিতে দক্ষিণাবর্তে চলিতে দেখা যায়; ফলে একটি বাহুর প্রান্তে উত্তর মেরু ও অন্যটির প্রান্তে দক্ষিণ মেরুর সৃষ্টি হয়।

5.3 নং চিত্র—অশ্বক্ষুরাকৃতি চুম্বক।
N—উত্তর মেরু, S—দক্ষিণ মেরু

তড়িচ্চুম্বকের সুবিধা

সাধারণ চুম্বকের তুলনায় তড়িচ্চুম্বকের নিম্নলিখিত সুবিধাগুলি রহিয়াছে।

(1) তড়িচ্চুম্বক সাধারণ চুম্বক অপেক্ষা বহুগুণ অধিক শক্তিশালী হইতে পারে।

(2) তড়িচ্চুম্বকে তড়িৎপ্রবাহ পরিবর্তন করিয়া উহার চৌম্বক ক্ষেত্র সহজেই নিয়ন্ত্রণ করা যায়। সাধারণ চুম্বকের ক্ষেত্রে এই নিয়ন্ত্রণ সম্ভব নয়।

(3) তড়িচ্চুম্বকে তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ করিয়া দিলে উহার চুম্বকত্ব প্রায় অন্তর্হিত হয়*, কিন্তু সাধারণ চুম্বকের চুম্বকত্ব মোটামুটিভাবে স্থায়ী হইয়া থাকে।

(4) তড়িচ্চুম্বকে তড়িৎপ্রবাহের দিক বিপরীত করিয়া দিয়া মেরুদ্বয়ের পারস্পরিক অবস্থান পরিবর্তন করা যায়, কিন্তু সাধারণ চুম্বকের ক্ষেত্রে এই পরিবর্তন এইরূপ সহজসাধ্য নয়।

5.2 তড়িচ্চুম্বকের ব্যবহার

বিবিধ ব্যবহার

আমাদের নিত্যব্যবহার্য যন্ত্রাদি হইতে শুরু করিয়া কল-কারখানা ও বিভিন্ন শিল্পে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতিতে এবং বৈজ্ঞানিক গবেষণাগারে তড়িচ্চুম্বকের ব্যাপক প্রয়োগ রহিয়াছে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় :—

(ক) তড়িচ্চুম্বকে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে উহা যে চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হয় ও তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ হইলে উহার চুম্বকত্ব যে প্রায় অন্তর্হিত হয়, এই ধর্মের উপর ভিত্তি করিয়া বৈদ্যুতিক ঘণ্টা, টেলিগ্রাফ, রিলে প্রভৃতি যন্ত্রে তড়িচ্চুম্বক ব্যবহৃত হয়।

(খ) তড়িচ্চুম্বকে তড়িৎপ্রবাহের পরিবর্তন অনুযায়ী উহার চুম্বকত্বের পরিবর্তন হয় বলিয়া লাউড স্পীকার (loud speaker), টেলিফোন ইত্যাদিতে তড়িচ্চুম্বকের ব্যবহার আছে।

(গ) তড়িচ্চুম্বক যথেষ্ট শক্তিশালী হইতে পারে বলিয়া বৈদ্যুতিক পাখা,

* তড়িৎপ্রবাহ বন্ধ করিয়া দিলে তড়িচ্চুম্বকে সাধারণতঃ সামান্য চুম্বকত্ব থাকিয়া যায়। ইহাকে অবশিষ্ট চুম্বকত্ব (residual magnetism) বলে।

ট্রাম গাড়ী, বৈদ্যুতিক ট্রেন ইত্যাদিতে বৈদ্যুতিক মোটরের অংশ হিসাবে তড়িচ্চুম্বক নিয়োজিত হয়।

(ঘ) তড়িচ্চুম্বক এইরূপ শক্তিশালী হইতে পারে যে, ইহার প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে **15-20** কিলোগ্র্যাম ভরসম্পন্ন লৌহখণ্ডকে তুলিতে পারা যায়। এইজন্য অত্যন্ত ভারী লৌহখণ্ডকে স্থানান্তরিত করিবার উদ্দেশ্যে ক্রেনে বৃহদাকৃতি তড়িচ্চুম্বকের ব্যবহার প্রচলিত আছে।

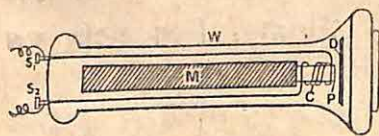
(ঙ) ইস্পাতদণ্ডকে স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করিবার জন্য তড়িচ্চুম্বকের প্রয়োগ আছে।

(চ) পোর্সিলেন নির্মাণে অচৌম্বক পদার্থের সহিত লৌহের মিশ্রণ হইতে লৌহকে পৃথক করিতে হয়; এই ধরণের কার্যে তড়িচ্চুম্বক প্রায়শঃই ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(ছ) চক্ষু হইতে ক্ষুদ্র লৌহকণাকে অপসারণ করিবার ন্যায় কার্যাদির জন্য শল্যচিকিৎসায় তড়িচ্চুম্বকের ব্যবহার আছে।

টেলিফোন গ্রাহক-যন্ত্র

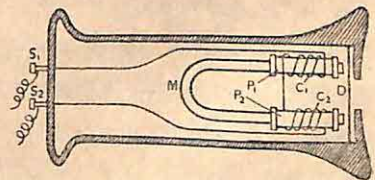
টেলিফোন যন্ত্রের সাহায্যে এক স্থান হইতে অন্য স্থানে কথাবার্তার আদান-প্রদান সম্ভব হয়। 1875 খৃষ্টাব্দে আলেকজাণ্ডার গ্রাহাম বেল টেলিফোন উদ্ভাবন করেন।

প্রথমে একই যন্ত্রকে একবার মুখের নিকট ও একবার কানের নিকট লইয়া যথাক্রমে কথা বলা ও কথা শোনা হইত, অর্থাৎ একই যন্ত্র একবার প্রেরক-যন্ত্র (transmitter) ও একবার গ্রাহক-যন্ত্র (receiver) রূপে কাজ করিত। 5.4 নং চিত্রে এইরূপ একটি যন্ত্র প্রদর্শিত হইয়াছে। ইহাতে কাঠ বা সেলুলয়েডের আবরণ W-এর মধ্যে একটি স্থায়ী দণ্ডচুম্বক M থাকে

5.4 নং চিত্র—বেল উদ্ভাবিত টেলিফোন

এবং উহার একটি মেরুর স্থানে কাঁচা লোহার একটি মেরুখণ্ড (pole piece) P আছে। মেরুখণ্ডটির উপর সরু অন্তরিত তার জড়াইয়া তারকুণ্ডলী C গঠন করা হইয়াছে; চুম্বকটির এই অংশ তড়িচ্চুম্বক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। তারকুণ্ডলীর দুই প্রান্ত হইতে তার বাহির হইয়া স্ক্রু S_1 ও

S_2-এর সহিত যুক্ত থাকে। তারকুণ্ডলী C-এর সম্মুখে একটি লোহার পাতলা পর্দা (diaphragm) D এইরূপভাবে আটকান থাকে যে, উহার কেন্দ্রভাগ C-এর অত্যন্ত নিকটে থাকে, তবে উহাকে স্পর্শ করে না। পর্দার অন্য ধারে আবরণ W-এর সম্মুখদিকে একটি ক্ষুদ্র চোঙের ন্যায় অংশ আছে। টেলিফোন যন্ত্রের বাহিরের দুইটি তার স্ক্রু S_1 ও S_2-এ সংযুক্ত থাকে এবং উহাদের অপর প্রান্ত অনুরূপভাবে দূরবর্তী অন্য টেলিফোনে যুক্ত রাখা হয়।

টেলিফোনের সম্মুখে শব্দ উৎপন্ন করিলে সেই শব্দতরঙ্গের কম্পন অনুসারে পর্দা D কাঁপিতে থাকে। ফলে চুম্বকের বলরেখাসমূহ পরিবর্তিত হইতে থাকে এবং তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের ফলে কুণ্ডলী C-তে শব্দ অনুযায়ী পরিবর্তনশীল তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হয়। টেলিফোনের বাহিরের দুইটি তারের মধ্য দিয়া এই তড়িৎপ্রবাহ তারের অন্য প্রান্তে গ্রাহক টেলিফোনের তারকুণ্ডলী C-তে সঞ্চালিত হয়। সেই তড়িৎপ্রবাহ অনুসারে ঐ টেলিফোনের চুম্বক M-এর তড়িচ্চুম্বক অংশের চুম্বকত্বের হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে বলিয়া পর্দা D-এর উপর উহার আকর্ষণ-বলের হ্রাস-বৃদ্ধি হইয়া থাকে। এই পরিবর্তনশীল আকর্ষণ-বল অনুসারে পর্দাটি কম্পিত হইতে থাকে। এই কম্পনের ফলে যে শব্দের সৃষ্টি হয়, তাহা প্রেরক-যন্ত্রের সম্মুখে সৃষ্ট শব্দের অনুরূপ।

উপরিউক্ত যান্ত্রিক ব্যবস্থায় অধিক দূরত্বে কথাবার্তার আদান-প্রদান সম্ভব হয় না এবং একই সঙ্গে কথা বলা ও শ্রবণ করা সম্ভব নয়। এইজন্য পরে ইহার নানাবিধ উন্নতি সাধিত হইয়াছে। বর্তমানে প্রচলিত টেলিফোন সংযোজক ব্যবস্থায় তড়িৎকোষ ব্যবহার করা হয় এবং প্রত্যেকটি টেলিফোনের ভিতর পৃথক প্রেরক-যন্ত্র ও গ্রাহক-যন্ত্র থাকে। গ্রাহক-যন্ত্রটি পূর্ববর্ণিত টেলিফোন যন্ত্রের একটি উন্নত রূপ। ইহাতে মূলতঃ একটি অশ্বক্ষুরাকৃতি স্থায়ী চুম্বক M-এর দুইটি মেরুখণ্ড P_1 ও P_2-এর উপর সরু অন্তরিত তার জড়াইয়া তারকুণ্ডলী C_1 ও C_2 গঠন করা হয় (5.5 নং চিত্র)। স্থায়ী চুম্বকটি কোবাল্ট-ইস্পাত নির্মিত ও উহার মেরুখণ্ডদ্বয় কাঁচা লোহা দিয়া

5.5 নং চিত্র—বর্তমানে প্রচলিত টেলিফোনের গ্রাহক-যন্ত্র

তৈয়ারী। তারকুণ্ডলী C_1 ও C_2-তে তারের পাক পরস্পরের বিপরীত। C_1 ও C_2 শ্রেণীবদ্ধভাবে (in series) থাকে এবং উন্মুক্ত তারের দুই প্রান্ত স্ক্রু S_1 ও S_2-এ সংযুক্ত রাখা হয়। এই যন্ত্রের পর্দা D স্ট্যালয় নামক এক প্রকার সংকর ধাতু দ্বারা গঠিত।

এই গ্রাহক-যন্ত্রের কার্যপ্রণালী বহুলাংশে পূর্ববর্ণিত যন্ত্রের ন্যায়। তবে ইহাতে দুইটি তারকুণ্ডলী শ্রেণীবদ্ধভাবে থাকে এবং উহাদের তারের পাক পরস্পরের বিপরীত বলিয়া সঞ্চালিত তড়িৎপ্রবাহের প্রভাবে চৌম্বক বল-রেখার পরিবর্তন পূর্বের তুলনায় প্রায় দ্বিগুণ হয়। সেইজন্য পর্দার উপর আকর্ষণ-বলের হ্রাস-বৃদ্ধিও সমধিক হয়। এইরূপে পর্দার কম্পনের বিস্তার অধিক হইবার ফলে উৎপন্ন শব্দের প্রাবল্য বাড়িয়া যায়।

আধুনিক কালে প্রচলিত প্রেরক-যন্ত্রের কার্যপ্রণালী বেলের টেলিফোনের কার্যপ্রণালী হইতে ভিন্ন। ইহাতে একটি ক্ষুদ্র প্রকোষ্ঠে রক্ষিত কার্বনের গুঁড়ার উপর শব্দানুসারে চাপের তারতম্য ঘটাইয়া উহার রোধের হ্রাস-বৃদ্ধি করা হয় এবং টেলিফোন বর্তনীর তড়িৎপ্রবাহ সেই অনুসারে পরিবর্তিত হইয়া থাকে।

ষষ্ঠ অধ্যায়

বৈদ্যুতিক ক্ষরণ
(Electrical Discharge)

পাঠ্যসূচী :

নিম্ন চাপে গ্যাসের মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা ; ক্যাথোড রশ্মি সম্পর্কিত প্রাথমিক ধারণা ; এক্স্ রশ্মি।

6.1 গ্যাসীয় পদার্থে তড়িৎপ্রবাহ

বায়ুর তড়িৎ-পরিবাহিতা

সাধারণ তাপমাত্রায় ও চাপে বায়ু অপরিবাহী, অর্থাৎ বায়ুতে দুইটি ধাতব খণ্ডকে পরস্পরের নিকট রাখিয়া উহাদের মধ্যে বিভব-প্রভেদ সৃষ্টি করিলে বায়ুর মধ্য দিয়া কোন তড়িৎপ্রবাহ চালিত হয় না। কিন্তু ঐ দুই ধাতব খণ্ডের মধ্যে বিভব-প্রভেদ যথেষ্ট বাড়াইলে বায়ু আর অপরিবাহী থাকে না, এক ধাতব খণ্ড হইতে অন্য ধাতব খণ্ডে স্ফুলিঙ্গের আকারে তড়িৎ-প্রবাহ চালিত হয়। গ্যাসীয় পদার্থের মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনাকে **বৈদ্যুতিক ক্ষরণ** (electrical discharge) বলে।* বৈদ্যুতিক ক্ষরণের দৃষ্টান্ত হিসাবে বিদ্যুৎস্ফুরণ ও বজ্রপাতের উল্লেখ করা যায়। দুইটি মেঘের মধ্যে বা মেঘ ও পৃথিবীর মধ্যে বিভব-প্রভেদ অত্যধিক হইলে একটি মেঘ হইতে অন্য মেঘে বা মেঘ হইতে সরাসরি ভূপৃষ্ঠে তড়িৎপ্রবাহ চালিত হয়। এইভাবে বিদ্যুৎস্ফুরণের সৃষ্টি হয় ও বজ্রপাত ঘটিয়া থাকে। পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে, বায়ুমণ্ডলের প্রমাণ চাপে একটি গোলাকার তড়িদ্দ্বার হইতে শুষ্ক বায়ুর মধ্য দিয়া এক সেন্টিমিটার দূরে অবস্থিত অন্য একটি

* কোন গ্যাসের মধ্যে বৈদ্যুতিক ক্ষরণের মূলে রহিয়াছে সেই গ্যাসের পরমাণুর আয়নন (ionisation) অর্থাৎ পরমাণু ভাঙ্গিয়া মুক্ত ইলেকট্রন ও ধনাত্মক আয়নের উৎপত্তি। গ্যাসের মধ্যে বর্তমান মুক্ত ইলেকট্রন বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রের প্রভাবে প্রভূত গতিসম্পন্ন হইলে উহার সহিত গ্যাসীয় পরমাণুর সংঘর্ষে সেই পরমাণু আয়নিত হইতে পারে। আয়ননের ফলে উৎপন্ন ইলেকট্রন আবার অনুরূপভাবে অন্য পরমাণুর আয়নন ঘটাইতে পারে। এইভাবে গ্যাসের মধ্যে যথেষ্ট সংখ্যক মুক্ত ইলেকট্রন ও ধনাত্মক আয়ন সৃষ্ট হইলে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্রে তাহাদের বিপরীতমুখী গতির ফলে গ্যাসের মধ্যে উল্লেখযোগ্য তড়িৎপ্রবাহের সৃষ্টি হয়।

গোলাকার তড়িদ্দ্বারে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ চালনা করিতে হইলে দুইটি তড়িদ্-দ্বারের মধ্যে 30,000 ভোল্ট্ বিভব-প্রভেদ থাকা আবশ্যক। বায়ু আর্দ্র থাকিলে বা তড়িদ্দ্বার তীক্ষ্ণাগ্র (pointed) হইলে পূর্বাপেক্ষা কম বিভব-প্রভেদেই তড়িৎস্ফুলিঙ্গ চালিত হয়।*

নিম্নচাপ গ্যাসে বৈদ্যুতিক ক্ষরণ

বায়ুর চাপ কম করা হইলে অপেক্ষাকৃত অল্প বিভব-প্রভেদের ফলে বায়ুতে বৈদ্যুতিক ক্ষরণ সৃষ্টি করা সম্ভব। 1822 খৃষ্টাব্দে হাম্‌ফ্রে ডেভী সর্বপ্রথম ইহা লক্ষ্য করেন। ইহার পরে মাইকেল ফ্যারাডে, উইলিয়াম ক্রুক্‌স্ প্রমুখ বৈজ্ঞানিকেরা এই সম্পর্কে আরও বিস্তৃত পরীক্ষা সম্পন্ন করেন।

বস্তুতঃপক্ষে উনবিংশ শতাব্দীর শেষভাগে নিম্নচাপে গ্যাসের মধ্য দিয়া বৈদ্যুতিক ক্ষরণ সংক্রান্ত পরীক্ষাসমূহ হইতে পদার্থবিদ্যায় নূতন যুগের সূত্রপাত হইয়াছিল। এই সকল পরীক্ষালব্ধ ফল হইতে 1895 খৃষ্টাব্দে উইলহেল্‌ম্ কনরাড রোয়েন্টগেন এবং 1897 খৃষ্টাব্দে জোসেফ জন টম্‌সন যথাক্রমে একৃস্ রশ্মি এবং ইলেকট্রনের অস্তিত্ব প্রমাণ করেন। এই সকল আবিষ্কারের ফলেই পরমাণুর আভ্যন্তরীণ গঠন সম্পর্কে ধারণার সূত্রপাত হয়।

নিম্ন চাপে বিভিন্ন গ্যাসের মধ্য দিয়া বৈদ্যুতিক ক্ষরণের কয়েকটি দৃষ্টান্ত আমরা দৈনন্দিন জীবনে দেখিয়া থাকি। শহরাঞ্চলে বিভিন্ন বর্ণের আলোকের সাহায্যে যে সকল বিজ্ঞাপন প্রদর্শিত হয়, সেইগুলিতে সরু কাচের নলের মধ্যে নিম্ন চাপে আর্গন, নিয়ন প্রভৃতি গ্যাস বর্তমান থাকে। ঐ সকল কাচের নলের দুই প্রান্তে যে তড়িদ্দ্বার থাকে, তাহাদের মধ্যে যথেষ্ট বিভব-প্রভেদ সৃষ্টি করিলে নলের মধ্যে বৈদ্যুতিক ক্ষরণের উৎপত্তি হয়। ইহার ফলে কাচনলের অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের প্রকৃতি অনুসারে বিভিন্ন বর্ণের আলোক ঐ নল হইতে নির্গত হয়। আধুনিক কালে যে প্রতিপ্রভ বাতির (fluorescent lamp) বহুল প্রচলন হইয়াছে, তাহার কাচনলের ভিতর নিম্ন চাপে পারদ-বাষ্প থাকে। ইহাতে বৈদ্যুতিক ক্ষরণের উৎপত্তি হইলে যে বিকিরণ নিঃসৃত হয়, তাহা কাচনলের ভিতর-

---

* গ্যাসীয় পদার্থের ভিতর দিয়া দুইটি বস্তুর মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চালনার জন্য উহাদের একটির তুলনায় অন্যটির যে নিম্নতম বিভব প্রয়োজন, তাহাকে স্ফুলিঙ্গকারী বিভব (sparking potential) বলে। ইহার মান গ্যাসের প্রকৃতি ও চাপ এবং বস্তুদ্বয়ের আকৃতির উপর নির্ভর করে।

গাত্রে প্রতিপ্রভ পদার্থের প্রলেপের উপর আপতিত হয় ; তখন সেই পদার্থ হইতে সাদা উজ্জ্বল আলোক নির্গত হইয়া থাকে। গবেষণাগারে ব্যবহৃত গেইস্‌লার নল (Geissler tube) ও প্লুকার নলে (Plucker tube) নিম্ন চাপে বিভিন্ন গ্যাসের মধ্যে বৈদ্যুতিক ক্ষরণ সৃষ্টি করা হয়।

পরীক্ষা :—নিম্ন চাপে গ্যাসের বৈদ্যুতিক ক্ষরণ সম্পর্কিত পরীক্ষা করিবার জন্য প্রায় 30 সে. মি. দীর্ঘ ও 3 সে. মি. ব্যাসযুক্ত একটি কাচের নল লইতে হইবে। নলটির অভ্যন্তরে প্রান্তদেশে দুইটি অ্যালুমিনিয়ামের চাকতি (তড়িদ্‌দ্বার) 20 সে. মি. ব্যবধানে বসান আছে এবং ইহাদের সহিত সংযুক্ত দুইটি প্ল্যাটিনাম তার কাচনলের দুই প্রান্ত হইতে নির্গত হইয়াছে। এই দুইটি তার একটি আবেশ-কুণ্ডলীর (induction coil) সহিত যুক্ত আছে। ইহার সাহায্যে প্রায় 1000 ভোল্‌ট্‌ বিভব-প্রভেদ দুইটি তড়িদ্‌দ্বারের মধ্যে প্রয়োগ করা হয়। নলটির মধ্যভাগ একটি বায়ু-নিষ্কাশন পাম্পের (vacuum pump) সহিত যুক্ত আছে (6.1 নং চিত্র)। সাধারণ বায়ুমণ্ডলের চাপে ও উপরিউক্ত বিভব-প্রভেদে কোন তড়িৎপ্রবাহ কাচনলের মধ্য দিয়া চালিত হইবে না। কিন্তু পাম্পের সাহায্যে বায়ু নিষ্কাশন করিয়া চাপ কমাইলে নিম্নবর্ণিত ঘটনাসমূহ লক্ষিত হইবে।

(ক) অভ্যন্তরস্থ বায়ুর চাপ 10 মি. মি. (অর্থাৎ 10 মি. মি. উচ্চ পারদের স্তম্ভের চাপের সমান) হইলে গোলাপী বর্ণের দীর্ঘ স্ফুলিঙ্গ শব্দ সৃষ্টি করিয়া আঁকা বাঁকা পথে চালিত হয় (6.1 (a) নং চিত্র)।

(খ) চাপ আরও কমিয়া 5 মি. মি. হইলে বৈদ্যুতিক ক্ষরণ উজ্জ্বল, বিস্তৃত এবং নিঃশব্দ হইয়া অ্যানোড হইতে ক্যাথোড পর্যন্ত প্রসারিত হয়। ইহাকে **পজিটিভ স্তম্ভ** (positive column) বলে (6.1(b) নং চিত্র)। (এই স্তম্ভের বর্ণ নলের অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের উপর নির্ভর করে ; যথা, সাধারণ বায়ুর ক্ষেত্রে গোলাপী, হিলিয়ামের ক্ষেত্রে হলুদ, ইত্যাদি।)

(গ) অভ্যন্তরস্থ চাপ কমিয়া প্রায় 1 মি. মি. হইলে পজিটিভ স্তম্ভ দৈর্ঘ্যে হ্রস্ব হয় এবং এই স্তম্ভ ও ক্যাথোডের মধ্যে অন্ধকারাচ্ছন্ন কিছু স্থান থাকে। ইহাকে **ফ্যারাডে অন্ধকার অঞ্চল** (Faraday dark space) বলে (6.1 (c) নং চিত্র)। এইসময় ক্যাথোডে উজ্জ্বল নীলাভ এক দীপ্তি দেখা যায়। ইহাকে **ঋণাত্মক প্রভা** (negative glow) বলা হয়।

(ঘ) চাপ আরও কমাইলে (প্রায় 0·5 মি. মি.) পজিটিভ স্তম্ভ কয়েকটি

উজ্জ্বল অংশে বিভক্ত হয়। ইহাদিগকে **আলোকচক্র** (striations) বলে (6.1(d) নং চিত্র)। এইসময় ফ্যারাডে অন্ধকার অঞ্চল ও

6.1 নং চিত্র—বিভিন্ন চাপে বায়ুতে বৈদ্যুতিক ক্ষরণ।
A—অ্যানোড, C—ক্যাথোড।

(a) বায়ুর চাপ প্রায় 10 মি. মি. (b) বায়ুর চাপ প্রায় 5 মি. মি.
(c) বায়ুর চাপ প্রায় 1 মি. মি. (d) বায়ুর চাপ প্রায় 0·5 মি. মি.

ঋণাত্মক প্রভা অ্যানোডের দিকে সরিয়া আসে। এই প্রভা ও ক্যাথোডের মধ্যস্থলে আর একটি অন্ধকারাচ্ছন্ন স্থানের সৃষ্টি হয়। তাহাকে **ক্রুক্‌স্ অন্ধকার অঞ্চল** (Crookes dark space) বলে। এই সময় ক্যাথোডে যে দীপ্তি দেখা যায়, তাহাকে **ক্যাথোড প্রভা** (cathode glow) বলা হয়।

(ঙ) অভ্যন্তরের চাপ আরও কমাইয়া প্রায় 0·01 মি. মি. করিলে পজিটিভ স্তম্ভ সম্পূর্ণ অন্তর্হিত হয় এবং ক্রুক্‌স্ অন্ধকার অঞ্চল কাচনলের সকল স্থান পূর্ণ করে। এই সময় নলের অভ্যন্তরস্থ দেওয়াল প্রতিপ্রভ

(fluorescent) হইয়া উজ্জ্বল হয়। এই অবস্থায় ক্যাথোড হইতে বহু ক্ষুদ্র কণা নির্গত হয় এবং তাহাদের আঘাতের জন্যই কাচনল প্রতিপ্রভ হয়। এই নির্গত ক্ষুদ্র কণাসমূহকে ক্যাথোড রশ্মি বলে।

(চ) চাপ আরও কমাইলে তড়িৎপ্রবাহ কমিতে থাকে ও অবশেষে তড়িৎপ্রবাহ সম্পূর্ণ বন্ধ হইয়া যায়।

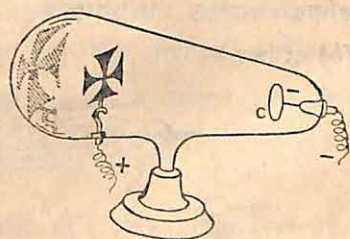
6.2 ক্যাথোড রশ্মি

উৎপত্তি

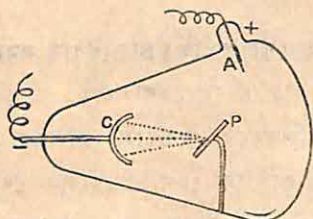
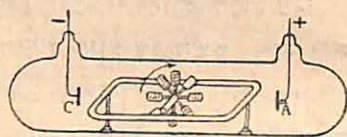
নিম্ন চাপে গ্যাসের মধ্যে বৈদ্যুতিক ক্ষরণের পরীক্ষা চালাইবার সময় ক্ষরণ নলের অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের চাপ 0·01 মি. মি. হইলে দেখা যায়, নলের অভ্যন্তর ভাগ অন্ধকারাচ্ছন্ন এবং নলের ভিতরের দেওয়াল প্রতিপ্রভ। ক্রুক্‌স্, টম্‌সন প্রমুখ বৈজ্ঞানিকগণ পরীক্ষার সাহায্যে দেখাইয়াছিলেন যে, ক্যাথোড হইতে অদৃশ্য রশ্মিরূপে নির্গত ঋণাত্মক আধানযুক্ত কণা কাচনলে আঘাত করিবার ফলেই প্রতিপ্রভার সৃষ্টি হইতেছে। তাঁহারা এই গতিশীল কণাগুলির নামকরণ করেন **ক্যাথোড রশ্মি** (cathode rays)। জে. জে. টম্‌সন দেখান যে, সকল পদার্থের পরমাণুতেই এই তড়িতাহিত কণা রহিয়াছে। ইহাকে ইলেকট্রন নামে অভিহিত করা হয়।

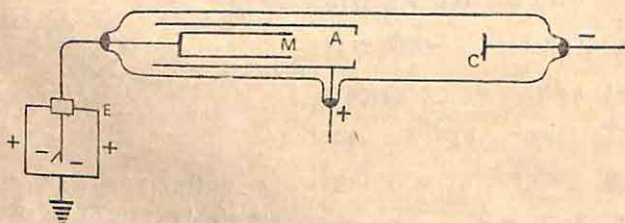
ক্যাথোড রশ্মির ধর্ম

(1) ক্যাথোড রশ্মি কাচনলে আপতিত হইলে প্রতিপ্রভার সৃষ্টি করে।

(2) ক্যাথোড রশ্মি সরলরেখায় চলে। ক্যাথোড রশ্মির এই ধর্ম প্রত্যক্ষ করিবার জন্য 6.2 নং চিত্রে প্রদর্শিত আকৃতিবিশিষ্ট একটি ক্ষরণ নল লওয়া হইল। ইহাতে ক্যাথোড C একটি উত্তল চাকতি এবং অ্যানোড অ্যালুমিনিয়াম দিয়া তৈয়ারী একটি ক্রশ। এই নলে ক্যাথোড রশ্মি সৃষ্ট হইলে দেখা যায় যে, ক্রশটির একটি সুস্পষ্ট ছায়া কাচের নলের দেওয়ালে পড়ে এবং কোন প্রতিচ্ছায়া থাকে না। ইহা হইতে বুঝা যায় যে, রশ্মি ক্যাথোডের তল হইতে অভিলম্ব বরাবর নির্গত হইয়া সরলরেখায় চলিতেছে।

6.2 নং চিত্র—ক্যাথোড রশ্মি সরলরেখায় চলে বলিয়া ক্রশের সুস্পষ্ট ছায়া উৎপন্ন হয়।

(3) ক্যাথোড রশ্মির গতিশক্তি যথেষ্ট ও ইহা অন্য বস্তুকে গতিশীল করিতে পারে।

কোন বৈদ্যুতিক ক্ষরণ নলে ক্যাথোড রশ্মি উৎপন্ন করিবার জন্য অবতল ক্যাথোড ব্যবহার করিলে নির্গত রশ্মি একটি বিন্দুতে কেন্দ্রীভূত হয় এবং সেইস্থানে কোন ধাতব খণ্ড রাখিলে তাহা উত্তপ্ত হইয়া ভাস্বর হইয়া ওঠে (6.3(a) নং চিত্র)। এইক্ষেত্রে প্রভূত গতিশক্তিসম্পন্ন

6.3 নং চিত্র—(a) ক্যাথোড রশ্মি ধাতবখণ্ডের উপর কেন্দ্রীভূত হইলে তাহা উত্তপ্ত হইয়া উঠে।
C—ক্যাথোড, A—অ্যানোড, P—ধাতব খণ্ড
(b) ক্যাথোড রশ্মি উহার গতিপথে অবস্থিত অভ্রপাতকে গতিশীল করে।
C—ক্যাথোড, A—অ্যানোড

ক্যাথোড রশ্মি ধাতব খণ্ডে আঘাত করিয়া তাহাকে উত্তপ্ত করে। এই রশ্মির গতিপথে হাল্‌কা দণ্ডে আবদ্ধ কয়েকটি অভ্রপাত রাখিলে সেইগুলি রশ্মির আঘাতে ক্যাথোডের বিপরীত দিকে ঘুরিতে থাকে (6.3 (b) নং চিত্র)।

6.4 নং চিত্র—ক্যাথোড রশ্মি ঋণাত্মক আধান বহন করে।
C—ক্যাথোড, A—অ্যানোড, M—ধাতব চোঙ, E—ইলেকট্রোস্‌কোপ

(4) ক্যাথোড রশ্মি ঋণাত্মক আধানযুক্ত এবং ইহা তড়িৎক্ষেত্র ও চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে বিচ্যুত হয়।

ক্যাথোড রশ্মি ঋণ-আধান বহন করে, ইহা একটি পরীক্ষা হইতে প্রমাণ করা যায়। 6.4 নং চিত্রে প্রদর্শিত একটি ক্ষরণ নলে অ্যানোডের সন্নিকটে একটি ধাতব চোঙ বসাইয়া তাহা বহিঃস্থ একটি ইলেকট্রোস্‌কোপে সংযুক্ত করা হয়। ক্যাথোড রশ্মি উহাতে আপতিত হইলে ইলেকট্রোস্‌কোপের পাতের বিস্ফোরণ হইতে উহার ঋণ-আধান প্রমাণ করা যায়।

ক্যাথোড রশ্মি সৃষ্টিকারী ক্ষরণ নলে রশ্মির গতির অভিলম্ব অভিমুখে দুইটি ধাতব পাত রাখিয়া উহাদের মধ্যে বিভব-প্রভেদ সৃষ্টি করিলে ক্যাথোড রশ্মি ধনাত্মক পাতের দিকে বাঁকিয়া যায় (6.5 নং চিত্র)। ইহা হইতে প্রমাণিত হয় যে, ক্যাথোড রশ্মি ঋণ-আধানযুক্ত কণিকাস্রোত।

6.5নং চিত্র—তড়িৎক্ষেত্রে ক্যাথোড রশ্মির বিচ্যুতি। C—ক্যাথোড; A—অ্যানোড; P_1, P_2—ধাতব পাত; S—পর্দা। চিত্রে P_1-এর তুলনায় P_2 উচ্চ বিভবসম্পন্ন।

ক্ষরণ নলটি চৌম্বক ক্ষেত্রে রাখিলেও রশ্মির বিচ্যুতি হয়। গতিযুক্ত কোন আহিত কণা চৌম্বক ক্ষেত্রে একটি বল অনুভব করে এবং এই বল গতি ও চৌম্বক ক্ষেত্র উভয়ের দিকেরই অভিলম্ব অভিমুখে হয়। (কণাটি ধন-আধানযুক্ত হইলে বলের যে অভিমুখ হয়, ঋণ-আধানযুক্ত হইলে বলের অভিমুখ তাহার বিপরীত)। চৌম্বক ক্ষেত্রে রশ্মির বিচ্যুতি হইতে আহিত কণাগুলির আধান এবং ভরের অনুপাত নির্ণয় করা যায়। জে. জে. টম্‌সন এই পরীক্ষা হইতে দেখান যে, ক্ষরণ নলে যে-কোন গ্যাস ও ক্যাথোড রশ্মির যে-কোন উৎসের জন্যই এই কণার আধান এবং ভরের অনুপাত নির্দিষ্ট, অর্থাৎ ক্যাথোড রশ্মির আহিত কণা সকল মৌলের পরমাণুতেই বিদ্যমান।

(5) ক্যাথোড রশ্মি পাতলা ধাতব পাত ভেদ করিতে পারে এবং কোন গ্যাসের মধ্য দিয়া যাইবার সময় উহাকে আয়নিত করে।

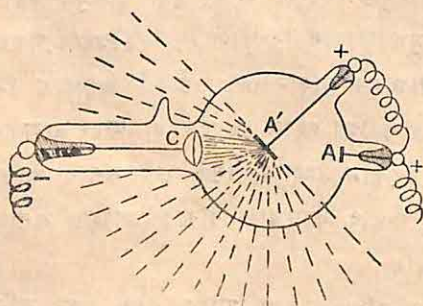
6.3 একস্‌ রশ্মি

উৎপত্তি

ক্যাথোড রশ্মির ইলেকট্রনসমূহ কোন ধাতব খণ্ডের উপর আপতিত হইলে উহাদের গতিশক্তি কিছু পরিমাণ তাপশক্তিতে পরিণত হয় এবং ধাতব খণ্ডটি

উত্তপ্ত হইয়া উঠে, ইহা পূর্বেই বলা হইয়াছে। এই গতিশক্তির কিছু অংশ একপ্রকার অদৃশ্য আলোকশক্তিতে রূপান্তরিত হয়।* এই অদৃশ্য আলো বেরিয়াম প্ল্যাটিনো-সায়ানাইডের ন্যায় কোন কোন দ্রব্যের উপর পড়িলে প্রতিপ্রভার সৃষ্টি করে ও দৃশ্য আলো দেখা যায়। কাঠ, রবার প্রভৃতি যে সকল বস্তুর মধ্য দিয়া সাধারণ আলো যাইতে পারে না, এই অদৃশ্য আলো সেইরূপ বহু বস্তুকে ভেদ করিয়া চলিয়া যাইতে পারে। 1895 খৃষ্টাব্দে উইলহেল্ম্ কনরাড রোয়েন্টগেন ইহা লক্ষ্য করেন। ইহার প্রকৃতি প্রথমে অজ্ঞাত ছিল বলিয়া রোয়েন্টগেন ইহার নামকরণ করেন **এক্স্ রশ্মি** (X ray)। আবিষ্কর্তার নাম অনুসারে ইহাকে রোয়েন্টগেন রশ্মিও বলা হয়।

এক্স্ রশ্মি উৎপাদনের যন্ত্র

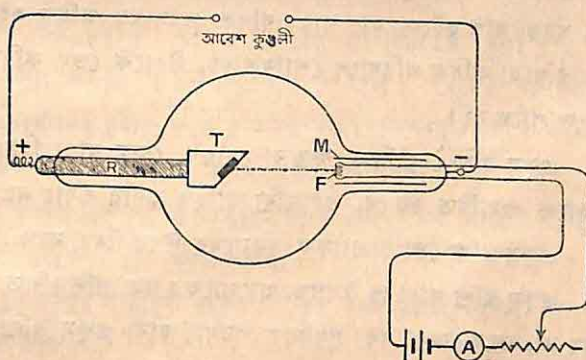
এক্স্ রশ্মি সৃষ্টি করিবার জন্য বিশেষ এক প্রকার গোলকাকৃতি ক্ষরণ জল ব্যবহৃত হয় (6.6 নং চিত্র)। এই গোলকে তিনটি পার্শ্বনল থাকে। যে দুইটি পার্শ্বনল একই সরলরেখায় আছে, উহাদের একটিতে অবতল ক্যাথোড C ও অন্যটিতে অ্যানোড A প্রবিষ্ট রহিয়াছে। তৃতীয় নলে অন্য এক অ্যানোড (বা অ্যান্টিক্যাথোড) A′ সংযুক্ত থাকে ও উহা A-এর সহিত

6.6 নং চিত্র—এক্স্ রশ্মি উৎপাদন যন্ত্র।

C—ক্যাথোড, A—অ্যানোড, A′—দ্বিতীয় অ্যানোড (বা আন্টিক্যাথোড)

* ক্যাথোড রশ্মির তীব্রগতিসম্পন্ন ইলেকট্রনসমূহ কোন পদার্থের উপর পড়িলে সেই পদার্থের পরমাণুর অভ্যন্তরস্থ অন্তঃখোলকের ইলেকট্রন স্বীয় কক্ষ হইতে বিচ্যুত হইয়া অপেক্ষাকৃত বাহিরের খোলকের কোন কক্ষপথে চলিয়া আসে এবং এইরূপে পরমাণুটি অধিক শক্তিসম্পন্ন হইয়া উত্তেজিত অবস্থা (excited state) প্রাপ্ত হয়। পরমাণুটি স্বাভাবিক অবস্থা প্রাপ্ত হইবার সময় উদ্বৃত্ত শক্তি এক্স্ রশ্মিরূপে নির্গত হয়।

পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত। A′ অ্যানোডের তল AC রেখার সহিত 45° কোণে আনত থাকে। গোলকের অভ্যন্তরে বায়ুর চাপ 10^{-3} হইতে 10^{-4} মি. মি.।

আবেশ-কুণ্ডলী দ্বারা A এবং C-এর মধ্যে কয়েক হাজার ভোল্ট্ বিভব-প্রভেদ সৃষ্টি করিলে ক্যাথোড হইতে ক্যাথোড রশ্মি নির্গত হয় ও অ্যান্টিক্যাথোড A′-এ প্রতিহত হইয়া এক্স্ রশ্মি উৎপন্ন করে।

কুলীজ নল (Coolidge Tube) :—ইহা এক্স্ রশ্মি সৃষ্টি করিবার একটি আধুনিকতর যন্ত্র। ইহাতে ক্যাথোড রশ্মি বা ইলেকট্রন উৎপন্ন করিবার জন্য টাংস্টেন তারের ফিলামেণ্ট ব্যবহৃত হয় (6.7 নং চিত্র)। কোন ধাতুকে অত্যধিক উত্তপ্ত করিলে তাহা হইতে স্বতঃই ইলেকট্রন নির্গত হয়। ফিলামেণ্ট F-এর মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনার ফলে তাহা উত্তপ্ত হইয়া

6.7 নং চিত্র—এক্স্ রশ্মি সৃষ্টিকারী কুলীজ নল।
F—ফিলামেণ্ট (ক্যাথোড), M—মলিবডেনাম নল, T—অ্যানোড, R—তাম্রদণ্ড

উঠে এবং ইলেকট্রনের নিঃসরণ ঘটে। মলিবডেনাম নির্মিত নল M দ্বারা F আবৃত থাকে। নলের অন্যদিকে একটি তাম্রনির্মিত দণ্ড R-এর প্রান্তভাগে উচ্চবিভবসম্পন্ন অ্যানোড T থাকে। নির্গত ইলেকট্রনসমূহ অ্যানোডের দিকে ছুটিয়া যায় এবং অ্যানোডে আপতিত হইয়া এক্স্ রশ্মির উৎপত্তি করে। নলের মধ্যে বায়ুর চাপ প্রায় 10^{-6} মি. মি.। এই চাপে বায়ুর মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ চালিত হয় না। কেবলমাত্র ক্যাথোড উষ্ণ করিলে ইলেকট্রন নির্গত হইয়া তড়িৎপ্রবাহ সৃষ্টি করে।

এক্‌স্ রশ্মির ধর্ম

(1) এক্‌স্ রশ্মি দৃশ্য নয়। ইহা উচ্চশক্তিসম্পন্ন তড়িচ্চৌম্বক তরঙ্গ। ইহার তরঙ্গদৈর্ঘ্য আলোকের তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর। উদাহরণ হিসাবে বলা যায়, হলুদ আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য 6×10^{-5} সে. মি.; এক্‌স্ রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য 10^{-6} হইতে 10^{-9} সে. মি.-এর মধ্যে।

(2) এক্‌স্ রশ্মি বহু কঠিন পদার্থ ভেদ করিয়া বহুদূর যাইতে পারে এবং ইহার ভেদ করিবার ক্ষমতা ইহার শক্তির উপর নির্ভর করে। এক্‌স্ রশ্মি উৎপাদনের যন্ত্রে ক্যাথোড এবং অ্যানোডের মধ্যে উচ্চ বিভব-প্রভেদ প্রয়োগ করিলে এবং নলের মধ্যে বায়ুচাপ অত্যন্ত নিম্ন হইলে উৎপন্ন এক্‌স্ রশ্মির ভেদ করিবার ক্ষমতা অধিক হয়। ভেদ করিবার ক্ষমতা অধিক হইলে এক্‌স্ রশ্মিকে **তীক্ষ্ণ এক্‌স্ রশ্মি** (hard X ray) বলা হয়। ভেদ করিবার ক্ষমতা স্বল্প হইলে তাহাকে **কোমল এক্‌স্ রশ্মি** (soft X ray) বলে। পদার্থের ঘনত্ব বেশি হইলে বা পারমাণবিক ভরসংখ্যা অধিক হইলে এক্‌স্ রশ্মি উহার দ্বারা অধিক পরিমাণে শোষিত হয়, উহাকে ভেদ করিয়া অধিক দূর যাইতে পারে না।

(3) এক্‌স্ রশ্মি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র বা চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয় না এবং ইহাতে প্রমাণিত হয় যে, এই রশ্মি আহিত কণার প্রবাহ নয়।

(4) এক্‌স্ রশ্মি ফোটোগ্রাফিক ফিল্‌মের উপর ক্রিয়া করে।

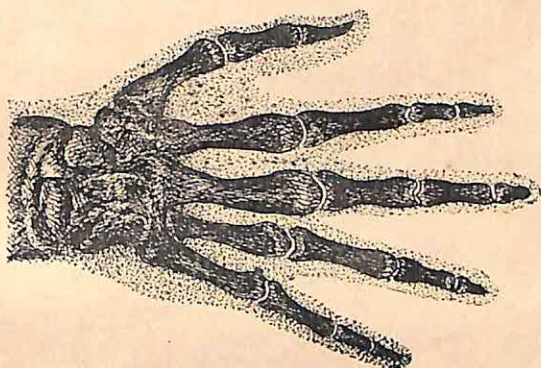
(5) এক্‌স্ রশ্মি সাধারণ উপায়ে আলোকের মত প্রতিফলিত ও প্রতিসরিত হয় না, তবে কেলাসের সুসজ্জিত পরমাণু দ্বারা এক্‌স্ রশ্মি বিচ্ছুরিত হয়।

(6) এক্‌স্ রশ্মি কোন বস্তুর উপর আপতিত হইয়া ক্যাথোড রশ্মির ন্যায় তাপের সৃষ্টি করে না। গ্যাসের মধ্যে চলিবার সময় এক্‌স্ রশ্মি পরমাণুকে আয়নিত করে।

(7) এক্‌স্ রশ্মি জৈব অণুর পরিবর্তন সাধন করে এবং প্রাণিদেহে অধিক এক্‌স্ রশ্মির প্রয়োগে গভীর ক্ষতের সৃষ্টি হয়।

এক্‌স্ রশ্মির ব্যবহারিক প্রয়োগ

মনুষ্য বা অন্যান্য প্রাণীর দেহের অভ্যন্তরের কোন অংশ পরীক্ষা করিতে হইলে এক্‌স্ রশ্মিই প্রধান অবলম্বন। এক্‌স্ রশ্মি শরীরের ত্বক, পেশী ইত্যাদি ভেদ করিয়া যাইতে পারে কিন্তু অস্থিতে বাধাপ্রাপ্ত হয়। মনুষ্যদেহ

একৃস্ রশ্মির উৎসের সম্মুখে রাখিয়া বিপরীত পার্শ্বে ফোটোগ্রাফিক ফিল্মে ছবি তুলিলে যে-যে অংশে অস্থি আছে, সেইগুলি ছায়াচ্ছন্ন

6.8 নং চিত্র—হাতের রেডিওগ্রাফ

দেখায়। ইহা হইতে অস্থির অবস্থান সুস্পষ্টভাবে বুঝা যায়। এইরূপ ছবিকে রেডিওগ্রাফ (radiograph) বলে। দেহের অভ্যন্তরে কোন কঠিন পদার্থ বিদ্ধ হইলে তাহার অবস্থানও রেডিওগ্রাফ হইতে জানা যায়।

একৃস্ রশ্মি প্রয়োগে ক্যানসারের চিকিৎসা করা যায়। ক্যানসার-গ্রস্ত কোষগুলি একৃস্ রশ্মি প্রয়োগে ধ্বংস হয় ; স্বল্প মাত্রার রশ্মি প্রয়োগে সাধারণ কোষের কোন ক্ষতি হয় না।

একৃস্ রশ্মির সাহায্যে ধাতব পাতের অভ্যন্তরস্থ ফাটল বা ঐ ধরনের ত্রুটি ধরা যায়।

বৈজ্ঞানিক গবেষণার বিভিন্ন ক্ষেত্রে একৃস্ রশ্মির প্রয়োগ আছে। একৃস্ রশ্মি কোন্ অণু দ্বারা কিরূপে বিচ্ছুরিত হয়, তাহা বিশ্লেষণ করিয়া অণুর মধ্যে পরমাণুর বিন্যাস জানা যায়। কেলাস দ্বারা একৃস্ রশ্মির বিচ্ছুরণ হইতে কেলাসের পারমাণবিক বিন্যাস সম্পর্কে বহু তথ্য জানা গিয়াছে।

রসায়ন

সপ্তম অধ্যায়

পরমাণু, অণু ও মৌল

(Atoms, Molecules and Elements)

পাঠ্যসূচী :

অণু ও পরমাণু; ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ; মৌলসমূহের পর্যায়ক্রমিতা—পর্যায় সারণীতে মৌলসমূহের শ্রেণীবিভাগ (প্রাথমিক ধারণা); তড়িদযোজ্যতা ও সমযোজ্যতা।

19/11/79

7.1 ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ

এই পুস্তকের প্রথম ও দ্বিতীয় অধ্যায়ে অণু ও পরমাণু সম্বন্ধে আলোচনা করা হইয়াছে। 1803 খৃষ্টাব্দে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে পরীক্ষালব্ধ ফলের ভিত্তিতে জন ডাল্‌টন পরমাণু সম্বন্ধে ধারণার সুস্পষ্ট রূপদান করেন। ইহাই ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ নামে পরিচিত।

ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ (Dalton's Atomic Theory)

(i) প্রতিটি মৌলিক পদার্থ বহুসংখ্যক, অতি ক্ষুদ্র, অবিভাজ্য কণার সমষ্টি। এই কণার নাম পরমাণু (atom)।

বস্তুতঃ মৌলের যে ক্ষুদ্রতম কণা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, তাহাকে **পরমাণু** (atom) বলা হয়।

(ii) একটি নির্দিষ্ট মৌলিক পদার্থের প্রতিটি পরমাণুর ভর ও ধর্ম অভিন্ন।

উদাহরণস্বরূপ, হাইড্রোজেনের সকল পরমাণুই এক প্রকার—ইহাদের ভর ও ধর্মে কোন পার্থক্য নাই।

(iii) বিভিন্ন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর ভর ও ধর্ম বিভিন্ন।

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দুইটি বিভিন্ন মৌলিক পদার্থ। হাইড্রোজেনের যে-কোন পরমাণু ভর ও ধর্মে অক্সিজেনের যে-কোন পরমাণু হইতে পৃথক।

(iv) একাধিক মৌলের রাসায়নিক সংযোগে যৌগ গঠিত হইবার সময় পরমাণুগুলিই বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে;

মৌলের পরমাণুগুলি সর্বক্ষেত্রেই পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হয়।

পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাত বলিতে 1 : 1, 2 : 1, 2 : 3, 1 : 1 : 3, 2 : 1 : 4 ইত্যাদি বুঝায়। হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণু ও অক্সিজেনের একটি পরমাণুর সংযোগে জলের (H_2O) উৎপাদনে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুর অনুপাত 2 : 1। সালফিউরিক অ্যাসিডের (H_2SO_4) গঠনে হাইড্রোজেন, গন্ধক (সালফার) ও অক্সিজেন পরমাণুর অনুপাত 2 : 1 : 4।

পরমাণুবাদের গুরুত্ব

রাসায়নিক বিক্রিয়ার স্বরূপ অনুধাবনে ডাল্‌টনের পরমাণুবাদের গুরুত্ব সমধিক। এই পরমাণুবাদের সাহায্যে বিভিন্ন রাসায়নিক সংযোগ-সূত্রের ব্যাখ্যা দেওয়া সম্ভব হয়। পরমাণু নিত্য ও রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অবিভাজ্য বলিয়া এই তত্ত্ব হইতে ভরের নিত্যতা সূত্রের সহজ ব্যাখ্যা পাওয়া যায়। পূর্বেই জানা ছিল যে, বিভিন্ন মৌলের সমবায়ে কোন যৌগ গঠিত হইলে সেই যৌগে মৌলসমূহের অনুপাত নির্দিষ্ট থাকে। ডাল্‌টনের তত্ত্ব হইতে এই সূত্র সহজেই প্রমাণিত হইল। রাসায়নিক সংযোগের সময় মৌলের পরমাণুসমূহ পূর্ণসংখ্যার সরল অনুপাতে যুক্ত হয়—এই তত্ত্ব হইতে অন্যান্য সংযোগ-সূত্রেরও ব্যাখ্যা পাওয়া যায়।

ডাল্‌টনের পরমাণুবাদের উপর ভিত্তি করিয়াই অ্যাভোগ্যাড্রোর প্রকল্প এবং অণুর ধারণা সম্ভব হয়। প্রকৃতপক্ষে ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ রসায়নের অগ্রগতিতে প্রভূত সাহায্য করিয়াছিল।

আধুনিক বিজ্ঞানের আলোকে পরমাণুবাদের ত্রুটি

(i) পরমাণু অবিভাজ্য নয়; ইহা ইলেকট্রন, নিউট্রন প্রভৃতি মৌলিক কণার সমন্বয়ে গঠিত।

(ii) ডাল্‌টনের মতবাদ অনুসারে একই মৌলের পরমাণুর ভর ও ধর্ম অভিন্ন। কিন্তু এই মত সম্পূর্ণরূপে সঠিক নয়। আইসোটোপ আবিষ্কারের পর জানা যায়, একই মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন ভর ও ভৌত ধর্ম-বিশিষ্ট পরমাণু থাকিতে পারে।

(iii) একাধিক মৌলের পরমাণুর মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকৃত-পক্ষে ইলেকট্রন আদান-প্রদানের ফলে ঘটে।

(iv) কোন কোন জৈব পদার্থের অণু বহুসংখ্যক পরমাণুর সমবায়ে গঠিত। ইহাতে সরল অনুপাত সূত্র সর্বদা রক্ষিত হয় না।

19/11/79

7.2 মৌলসমূহের শ্রেণীবিভাগ ও পর্যায় সূত্র

বর্তমানে আবিষ্কৃত মৌলের সংখ্যা 105। ইহাদের মধ্যে বহু মৌলেই ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের সাদৃশ্য লক্ষিত হয়। এই ধরণের সাদৃশ্যের উপর ভিত্তি করিয়া মৌলগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করিবার চেষ্টা কয়েক শতাব্দী ধরিয়াই হইয়াছে। পূর্বে মৌলগুলিকে ধাতু ও অধাতু, এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা হইত। এই বিভাগ সুবিধাজনক হইলেও বহু মৌলকে সুনিশ্চিতভাবে দুইটি শ্রেণীর কোনটিতেই অন্তর্ভূক্ত করা যায় না। মৌল-সমূহকে শ্রেণীবদ্ধ করিবার প্রয়াসে ডোবেরাইনার, নিউল্যাণ্ডস, লোথার মেয়ার ও ডি. আই. মেণ্ডেলীফের নাম বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য।

মেণ্ডেলীফ বহু মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব, রাসায়নিক ধর্ম ইত্যাদি সম্বন্ধে বিস্তৃত পর্যালোচনা করিয়া মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব ও ধর্মাবলীর মধ্যে সম্পর্ক বিষয়ে নিম্নলিখিত সূত্রটি আবিষ্কার করেন।

পর্যায় সূত্র (Periodic Law):—ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক গুরুত্ব অনুযায়ী মৌলগুলিকে সাজান হইলে নির্দিষ্ট ব্যবধানের পর উহাদের ধর্মের পুনরাবৃত্তি ঘটে; অর্থাৎ পারমাণবিক গুরুত্ব পরিবর্তনের সহিত পর্যায়ক্রমে মৌলগুলির ধর্মের পুনরাবৃত্তি হয়।

মেণ্ডেলীফের পর্যায় সূত্রেই সর্বপ্রথম সন্তোষজনকভাবে মৌলগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করা সম্ভব হয়। মৌলসমূহের যে শ্রেণীবিভাগ আধুনিক কালে প্রচলিত, তাহা এই সূত্রের উপর ভিত্তি করিয়া গড়িয়া উঠিয়াছে।

7.3 পর্যায় সারণী

মেণ্ডেলীফ তাঁহার পর্যায় সূত্র অনুযায়ী তৎকালে আবিষ্কৃত মৌলগুলিকে পারমাণবিক গুরুত্বের উর্ধ্বক্রম অনুযায়ী কতকগুলি অনুভূমিক ও উল্লম্ব পংক্তিতে সাজাইয়া একটি **পর্যায় সারণী (periodic table)** তৈয়ারী করেন। এই বিন্যাসে সদৃশ ধর্মবিশিষ্ট মৌলগুলিকে এক-একটি উল্লম্ব পংক্তিতে রাখা হইল। অনুভূমিক পংক্তিগুলিকে **পর্যায় (period)** এবং

উল্লম্ব পংক্তিগুলিকে **শ্রেণী** (group) নাম দেওয়া হয়। মেণ্ডেলীফ সাতটি পর্যায় এবং আটটি শ্রেণীবিশিষ্ট সারণী তৈয়ারী করেন।

পারমাণবিক গুরুত্ব অনুযায়ী সজ্জিত মেণ্ডেলীফের পর্যায় সারণীতে কিছু কিছু ত্রুটি দেখা যায়। উদাহরণস্বরূপ মৌলের ধর্ম অনুসারে এই সারণীতে কোন কোন ক্ষেত্রে বেশী পারমাণবিক গুরুত্বের মৌলকে কম পারমাণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট মৌলের পূর্বে স্থান দেওয়া হইয়াছিল; যথা: টেলুরিয়ামকে (পারমাণবিক গুরুত্ব—127·6) আয়োডিনের (পারমাণবিক গুরুত্ব—126·92) পূর্বে রাখা হইয়াছিল। পারমাণবিক সংখ্যা আবিষ্কারের পর বুঝা গেল, এই সংখ্যা দ্বারাই মৌলের স্বকীয়তা নির্দেশিত হয়। **আধুনিক পর্যায় সারণী পারমাণবিক সংখ্যা অনুযায়ী সজ্জিত হয়** এবং ইহাতে পূর্বোক্ত ত্রুটি থাকে না। পর্যায় সূত্রকে বর্তমানে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয়।

মৌলসমূহের ধর্মসমূহ পারমাণবিক সংখ্যা অনুসারে পুনরাবৃত্ত হয়।

আধুনিক সারণীতে মেণ্ডেলীফের পরে আবিষ্কৃত মৌলসমূহকেও স্থান দেওয়া হইয়াছে।

পর্যায় সারণীর বর্ণনা ও মৌলসমূহের পর্যায়ক্রমিতা

একটি আধুনিক পর্যায় সারণী পার্শ্বে প্রদর্শিত হইল। ইহাতে সাতটি পর্যায় (period) ও নয়টি শ্রেণী (group) আছে। শ্রেণীগুলিকে I, II, III প্রভৃতি রোমান সংখ্যা এবং পর্যায়গুলিকে 1, 2, 3 প্রভৃতি ভারতীয় সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। প্রথম সাতটি শ্রেণীকে দুইটি উপশ্রেণী A ও B-তে বিভক্ত করা হইয়াছে। নবম শ্রেণীটিকে শূন্য শ্রেণী বলা হয়।

প্রথম পর্যায়টি অতি ক্ষুদ্র, ইহাতে দুইটি মৌল (হাইড্রোজেন ও হিলিয়াম) আছে। পরবর্তী দুইটি পর্যায় ক্ষুদ্র এবং ইহাদের প্রত্যেকটিতে 8টি করিয়া মৌল আছে। চতুর্থ ও পঞ্চম পর্যায় দুইটি দীর্ঘ পর্যায়; ইহাদের প্রত্যেকটিতে 18টি মৌল থাকে। ষষ্ঠ পর্যায়টি অতি দীর্ঘ—ইহাতে 32টি মৌল আছে। সপ্তম পর্যায়ে বর্তমানে 19টি মৌল স্থান পাইয়াছে।

লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, দ্বিতীয় ও তৃতীয় পর্যায়ে যে-কোন মৌল হইতে বর্ণনা শুরু করিলে নবম মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম প্রথম

পর্যায় সারণী

পর্যায়	পংক্তি	শ্রেণী I A	I B	II A	II B	III A	III B	IV A	IV B	V A	V B	VI A	VI B	VII A	VII B	VIII			0
1	1	1 H হাইড্রোজেন																	2 He হিলিয়াম
2	2	3 Li লিথিয়াম		4 Be বেরিলিয়াম											9 F ফ্লোরিন				10 Ne নিয়ন
3	3	11 Na সোডিয়াম		12 Mg ম্যাগনেসিয়াম			13 Al অ্যালুমিনিয়াম		14 Si সিলিকন		15 P ফসফরাস		16 S গন্ধক		17 Cl ক্লোরিন				18 A আর্গন
4	4, 5	19 K পটাসিয়াম	29 Cu তাম্র	20 Ca ক্যালসিয়াম	30 Zn দস্তা	21 Sc স্ক্যান্ডিয়াম	31 Ga গ্যালিয়াম	22 Ti টাইটানিয়াম	32 Ge জারমেনিয়াম	23 V ভ্যানাডিয়াম	33 As আর্সেনিক	24 Cr ক্রোমিয়াম	34 Se সেলেনিয়াম	25 Mn ম্যাঙ্গানিজ	35 Br ব্রোমিন	26 Fe লৌহ	27 Co কোবাল্ট	28 Ni নিকেল	36 Kr ক্রিপটন
5	6, 7	37 Rb রুবিডিয়াম	47 Ag রৌপ্য	38 Sr স্ট্রনসিয়াম	48 Cd ক্যাডমিয়াম	39 Y ইট্রিয়াম	49 In ইন্ডিয়াম	40 Zr জারকোনিয়াম	50 Sn টিন	41 Nb নিওবিয়াম	51 Sb অ্যান্টিমনি	42 Mo মলিবডেনাম	52 Te টেলুরিয়াম	43 Tc টেকনিসিয়াম	53 I আয়োডিন	44 Ru রুথেনিয়াম	45 Rh রোডিয়াম	46 Pd প্যালাডিয়াম	54 Xe জেনন
6	8, 9	55 Cs সিজিয়াম	79 Au স্বর্ণ	56 Br বেরিয়াম	80 Hg পারদ	57-71 ✱ বিরলমৃত্তিকা মৌলসমূহ	81 Tl থ্যালিয়াম	72 Hf হ্যাফনিয়াম	82 Pb সীসক	73 Tl ট্যান্টালাম	83 Bi বিসমাথ	74 W টাংস্টেন	84 Po পোলোনিয়াম	75 Re রেনিয়াম	85 At অ্যাস্টাটিন	76 Os অসমিয়াম	77 Ir ইরিডিয়াম	78 Pt প্লাটিনাম	86 Rn রেডন
7	10	87 Fr ফ্রান্সিয়াম		88 Ra রেডিয়াম		89 Ac অ্যাকটিনিয়াম		90 Th থোরিয়াম		91 Pa প্রোট্যাক্টিনিয়াম		92 U ইউরেনিয়াম		†					

✱ বিরলমৃত্তিকা মৌলসমূহ	57 La ল্যান্থানাম	58 Ce সিরিয়াম	59 Pr প্রাসিওডিনিয়াম	60 Nd নিওডিমিয়াম	61 Pm প্রমিথিয়াম	62 Sm সামারিয়াম	63 Eu ইউরোপিয়াম	64 Gd গ্যাডোলিনিয়াম	65 Tb টেরবিয়াম	66 Dy ডিসপ্রোসিয়াম	67 Ho হোলমিয়াম	68 Er এরবিয়াম	69 Tm থুলিয়াম	70 Yb ইটারবিয়াম	71 Lu লুটেসিয়াম
† ইউরেনিয়ামোত্তর মৌলসমূহ	93 Np নেপচুনিয়াম	94 Pu প্লুটোনিয়াম	95 Am আমেরিসিয়াম	96 Cm কুরিয়াম	97 Bk বার্কেলিয়াম	98 Cf ক্যালিফোর্নিয়াম	99 Es আইনস্টাইনিয়াম	100 Fm ফের্মিয়াম	101 Md মেন্ডেলিভিয়াম	102 No নোবেলিয়াম	103 Lw লরেন্সিয়াম	104 R রাদারফোর্ডিয়াম (কুরচাটোভিয়াম)	105 Ha হানিয়াম	

মৌলের অনুরূপ হইবে। সেইরূপ চতুর্থ ও পঞ্চম পর্যায়ে উনবিংশ মৌলে ধর্মের পুনরাবৃত্তি হয়। উদাহরণস্বরূপ, দ্বিতীয় ও তৃতীয় পর্যায়ে লিথিয়াম নবম মৌল সোডিয়ামের সমধর্মী। অনুরূপভাবে চতুর্থ ও পঞ্চম পর্যায়ে পটাসিয়াম পরবর্তী উনবিংশ মৌল রুবিডিয়ামের এবং ব্রোমিন পরবর্তী উনবিংশ মৌল আয়োডিনের সমধর্মী।

পর্যায় সারণীতে I হইতে III শ্রেণীভুক্ত মৌলের যোজ্যতা উহার শ্রেণীর সংখ্যা দ্বারা নির্দেশিত হয়; যথা, সোডিয়ামের যোজ্যতা 1 ও ক্যালসিয়ামের যোজ্যতা 2। IV হইতে VII শ্রেণীভুক্ত মৌলসমূহের যোজ্যতা সাধারণতঃ (8 – শ্রেণীসংখ্যা) দ্বারা নির্দেশিত হইয়া থাকে ; যথা, অক্সিজেনের যোজ্যতা (8 – 6 =) 2। শূন্য শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলগুলির যোজ্যতা শূন্য। শ্রেণীর সংখ্যা দ্বারা নির্দেশিত যোজ্যতা ব্যতীতও মৌলের অন্য যোজ্যতা থাকিতে পারে; উদাহরণস্বরূপ, তাম্র, স্বর্ণ ইত্যাদির উল্লেখ করা যায়। অক্সিজেনের সহিত সংযোগের ক্ষেত্রে কোন মৌলের উর্ধ্বতম যোজ্যতা তাহার শ্রেণী-সংখ্যার সমান হয়; যেমন, নাইট্রোজেন পেন্টক্সাইডে (N_2O_5) নাইট্রোজেনের যোজ্যতা 5।

যে-কোন পর্যায়ে প্রথম হইতে অষ্টম শ্রেণী পর্যন্ত মৌলগুলির তড়িৎ-রাসায়নিক ধর্মেও পর্যায়ক্রমিতা লক্ষ্য করা যায়। পর্যায়ের বাম দিকের শ্রেণী অর্থাৎ I, II ও III শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলগুলি ধনাত্মক আয়ন বা ক্যাটায়ন সৃষ্টি করিতে পারে। অপর পক্ষে, ডান দিকের শ্রেণী অর্থাৎ V, VI ও VII শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলগুলি ঋণাত্মক আয়ন বা অ্যানায়ন সৃষ্টি করিতে পারে। যে-কোন পর্যায়ে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক গুরুত্বের সহিত অর্থাৎ শ্রেণী I হইতে শ্রেণী VII-এর দিকে ধনতড়িদ্ধর্মিতা (electropositivity) কমে এবং ঋণতড়িদ্ধর্মিতা (electronegativity) বাড়ে। একই পর্যায়ের প্রথম দিকের মৌলগুলি ধাতুধর্মী এবং শেষের দিকের মৌলগুলি অধাতুধর্মী। ধাতুগুলির ক্ষেত্রে কোন শ্রেণীতে যতই নীচের দিকে যাওয়া যায়, ততই ধাতুধর্ম বাড়ে ও রাসায়নিক সক্রিয়তা কমে।

প্রতিটি শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলগুলির মধ্যে সমধর্মিতা রহিয়াছে। আবার একই শ্রেণীর অন্তর্গত উপশ্রেণীগুলির মৌলগুলির মধ্যে সমধর্মিতা অপেক্ষাকৃত বেশী। উদাহরণস্বরূপ, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, তাম্র ও স্বর্ণ, এই সব মৌলগুলিই প্রথম শ্রেণীতে অবস্থিত কিন্তু স্বর্ণ ও তাম্রের মধ্যে

ধর্মের যতখানি সাদৃশ্য আছে, সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের সহিত ততখানি সাদৃশ্য নাই। প্রথম শ্রেণীর A উপশ্রেণীর মৌলগুলিকে **ক্ষারধাতু** (alkali metals) বলা হয় ; B উপশ্রেণীর মৌলগুলিকে (Cu, Ag, Au) মুদ্রাধাতু বলা, হয় কারণ এইগুলিই মুদ্রা তৈয়ারীতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

আদর্শ মৌল—দ্বিতীয় ও তৃতীয় পর্যায়ের মৌলগুলিকে **আদর্শ মৌল** (typical elements) বলা হয়, কারণ ইহাদের ধর্ম সুনির্দিষ্ট এবং ইহারা প্রকৃতিতে সহজলভ্য।

হ্যালোজেন গোষ্ঠী—VII B শ্রেণীতে অবস্থিত ফ্লোরিন, ক্লোরিন, ব্রোমিন ও আয়োডিনকে **হ্যালোজেন** (halogen অর্থাৎ লবণ-উৎপাদক ; halo = লবণ, gen = উৎপাদক) বলে, কারণ এই গোষ্ঠীর অন্যতম সদস্য ক্লোরিন হইল সাধারণ খাদ্য লবণের উপাদান। ইহারা তীব্র তড়িৎ-ঋণাত্মক বলিয়া ধাতুর সহিত সহজেই বিক্রিয়া করে।

সন্ধিগত মৌল—4, 5, 6 এই তিনটি দীর্ঘ পর্যায়ের অষ্টম শ্রেণীতে তিনটি করিয়া সমধর্মী মৌল থাকে ; যেমন—চতুর্থ পর্যায়ে লৌহ, কোবাল্ট ও নিকেল। ইহারা তীব্র তড়িদ্‌ধনাত্মক ও তীব্র তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌল-গুলির মধ্যে যোগসূত্র রক্ষা করে বলিয়া ইহাদিগকে **সন্ধিগত মৌল** (transitional elements) বলা হয়। ইহারা চুম্বকধর্মী ও বহু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অনুঘটকের কাজ করে।

বিরল মৃত্তিকা মৌল—অতি দীর্ঘ ষষ্ঠ পর্যায়ে ল্যান্‌থানাম হইতে লুটেনিয়াম (পারমাণবিক সংখ্যা : 57—71), এই 15টি মৌল প্রকৃতিতে অতি অল্প পরিমাণে পাওয়া যায় ; ইহাদের ধর্মের সাদৃশ্য এত বেশী যে, ইহাদিগকে পর্যায় সারণীতে একই স্থানে রাখা হয়। ইহাদিগকে **ল্যান্‌থানাইড শ্রেণীর মৌল** অথবা **বিরল মৃত্তিকা মৌল** (rare earth elements) বলা হয়।

ইউরেনিয়ামোত্তর গোষ্ঠী—অতি দীর্ঘ সপ্তম পর্যায়ে ইউরেনিয়ামের পরবর্তী মৌলগুলিকে (93—105) **ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল** (transuranic elements) বলা হয়। ইহারা সকলেই তেজস্ক্রিয় ও অস্থায়ী। ইহাদিগকে গবেষণাগারে কৃত্রিম উপায়ে সৃষ্টি করা হইয়াছে।

নিষ্ক্রিয় মৌল—উনবিংশ শতাব্দীর শেষভাগে হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গন, ক্রিপ্‌টন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি (inert gases) আবিষ্কৃত হইবার পর

ইহাদিগকে সারণীতে একটি পৃথক শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হয়। ইহাদের রাসায়নিক সক্রিয়তা অত্যন্ত অল্প ও ইহাদের যোজ্যতা শূন্য বলিয়া এই শ্রেণীটি **শূন্য শ্রেণী** (group zero) নামে অভিহিত হয়।

পর্যায় সারণীর উপযোগিতা

মৌলসমূহকে শ্রেণীবদ্ধকরণ—মেণ্ডেলীফের পর্যায় সারণী রসায়ন-বিজ্ঞানে এক নূতন চিন্তার জন্ম দেয়। ইহার ফলে যে-কোন মৌলের সহিত তাহার প্রতিবেশী মৌলগুলির যোগসূত্র সুস্পষ্ট হইল। কোন একটি মৌলের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম জানা থাকিলে ঐ শ্রেণীর অন্য মৌলের ধর্ম সম্বন্ধেও অনুমান করা যায়।

নূতন মৌলের আবিষ্কার—মেণ্ডেলীফের পর্যায় সারণীতে কয়েকটি শূন্য স্থান ছিল। মেণ্ডেলীফ তাঁহার পর্যায় সূত্র সম্বন্ধে এত নিঃসংশয় ছিলেন যে, যে-সকল অনাবিষ্কৃত মৌল সেই শূন্য স্থানগুলি অধিকার করিবে, তাহাদের পারমাণবিক গুরুত্ব, যোজ্যতা এবং ভৌত ও রাসায়নিক ধর্ম সম্পর্কে তিনি প্রায় নির্ভুল ভবিষ্যদ্বাণী করেন। মৌলগুলি (স্ক্যাণ্ডিয়াম, গ্যালিয়াম ও জার্মেনিয়াম) পরবর্তী কালে আবিষ্কৃত হইলে মেণ্ডলীফের ভবিষ্যদ্বাণীর সত্যতা প্রমাণিত হয়।

পারমাণবিক গুরুত্বের সংশোধন—পর্যায় সারণীতে মৌলের ধর্ম অনুসারে কোন পদার্থের স্থান নিরূপিত হইলে তাহার পারমাণবিক গুরুত্ব অনুমান করা সম্ভব হয়। এইভাবে বেরেলিয়ামের পারমাণবিক গুরুত্ব সংশোধিত হইয়াছিল।

7.4 তড়িদ্‌যোজ্যতা ও সমযোজ্যতা

যোজ্যতা ও ইলেকট্রন বিনিময়

বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর মিলিত হইবার ক্ষমতাকে যোজ্যতা বলা হয়। যতগুলি হাইড্রোজেন (বা ক্লোরিন) পরমাণু মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হয় অথবা উহার দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, সেই সংখ্যাকে মৌলটির **যোজ্যতা** (valency) বলে।

যোজ্যতার মূলে রহিয়াছে বিক্রিয়াকারী মৌলগুলির পরমাণুর মধ্যে ইলেকট্রনের আদান-প্রদান। হিলিয়াম, আর্গন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির পরমাণুর ক্ষেত্রে ইলেকট্রনের আদান-প্রদান হয় না বলিয়া উহাদের যোজ্যতা

শূন্য ধরা হয় এবং উহারা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে না। প্রথম অধ্যায়ে পরমাণুর গঠন আলোচনা প্রসঙ্গে বলা হইয়াছে যে, ইলেকট্রনগুলির শক্তি অনুযায়ী কয়েকটি কক্ষপথ লইয়া এক-একটি ইলেকট্রন **খোলক** (shell) বা **শক্তি-স্তর** (energy level) গঠিত হয়। পরমাণুর ভিতরের দিক হইতে এই খোলকগুলির নাম যথাক্রমে K, L, M, N, O, P এবং এইগুলিতে ইলেকট্রনের সম্ভাব্য সর্বাধিক সংখ্যা† যথাক্রমে 2, 8, 18, 32 ইত্যাদি। রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় সাধারণতঃ পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ খোলকের ইলেকট্রনগুলিই অংশগ্রহণ করে।* সেইজন্য ইহাদের **যোজ্যতা ইলেকট্রন** বলা হয়। নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাসকে স্থায়ী বা সুস্থিত বিন্যাস হিসাবে ধরা হয়। নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির মধ্যে হিলিয়ামের ক্ষেত্রে সর্ববহিঃস্থ খোলকে 2টি ও অন্যান্য ক্ষেত্রে 8টি করিয়া ইলেকট্রন থাকে। রাসায়নিক বিক্রিয়ার সময় যে-কোন মৌলের পরমাণু নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস পাইতে চেষ্টা করে। প্রধানতঃ নিম্নলিখিত দুই ভাবে ইলেকট্রনের এই পুনর্বিন্যাস ঘটিতে পারে।

তড়িদ্‌যোজ্যতা

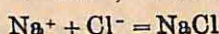
উপযুক্ত পরিবেশে ধাতব পরমাণুগুলি এক বা একাধিক ইলেকট্রন বর্জন করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অনুরূপ স্থায়িত্ব লাভ করিতে চেষ্টা করে। ইলেকট্রন ত্যাগ করিবার ফলে ইহারা ধনাত্মক আয়ন বা ক্যাটায়নে পরিণত হয়। অনুরূপভাবে সক্রিয় অধাতব মৌলের পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ঋণাত্মক আয়ন বা অ্যানায়ন গঠন করে। এই ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন পরস্পরের আকর্ষণে যে যৌগ গঠন করে, তাহাকে **তড়িদ্‌যোজী যৌগ** (electro-valent compound) বা **আয়নিক যৌগ** (ionic compound) বলা হয়। একটি মৌলের পরমাণু হইতে অপর মৌলের পরমাণুতে ইলেকট্রন স্থানান্তরিত হইয়া বৈদ্যুতিক আকর্ষণের সাহায্যে যৌগ গঠন করিবার ক্ষমতাকে **তড়িদ্‌যোজ্যতা** (electro-valency) বলে।

সোডিয়াম পরমাণুতে ইলেকট্রনের সংখ্যা 11 এবং এইগুলি তিনটি খোলকে 2, 8, 1 এইভাবে বিন্যস্ত থাকে। সর্বাপেক্ষা বাহিরের খোলকের ইলেকট্রনটি

† এই সংখ্যা হইল $2n^2$, যেখানে n পরমাণুর ভিতরের দিক হইতে খোলকের সংখ্যা।

* সন্ধিগত মৌলগুলির ক্ষেত্রে সর্ববহিঃস্থ স্তরের ঠিক পরের স্তরের ইলেকট্রনও বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করিতে পারে।

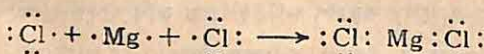
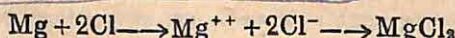
বর্জন করিলে সোডিয়ামের সর্ববহিঃস্থ খোলকটিতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের ন্যায় 8টি ইলেকট্রন থাকিবে। ক্লোরিন পরমাণুতে ইলেকট্রনের সংখ্যা 17 ; ইলেকট্রন-গুলি 2, 8, 7 হিসাবে তিনটি খোলকে সাজান থাকে। ক্লোরিন পরমাণু একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিলে ইহারও বহিস্তম খোলকে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের অনুরূপ 8টি ইলেকট্রন হইবে। অতএব সোডিয়াম ও ক্লোরিনের পরমাণুর মিলনে সোডিয়াম ক্লোরাইড গঠনে প্রকৃতপক্ষে সোডিয়াম ও ক্লোরাইড আয়নের বিক্রিয়া হয় :—

$$Na - e = Na^{+} ; \quad Cl + e = Cl^{-}$$
$$Na^{+} + Cl^{-} = NaCl$$

ইহাদের পরমাণুগুলির বহিস্তম খোলকের ইলেকট্রনগুলি বিন্দু দ্বারা সূচিত করিলে বিক্রিয়াটি হইবে নিম্নরূপ :—

$$Na\cdot + \cdot\ddot{\underset{..}{Cl}}: \longrightarrow Na:\ddot{\underset{..}{Cl}}:$$

অনুরূপভাবে, একটি ম্যাগনেসিয়াম পরমাণু দুইটি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত মিলিত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড গঠন করে।

$$Mg + 2Cl \longrightarrow Mg^{++} + 2Cl^{-} \longrightarrow MgCl_2$$

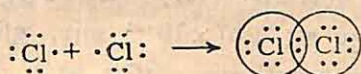
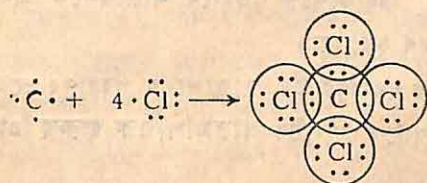
$$:\ddot{\underset{..}{Cl}}\cdot + \cdot Mg\cdot + \cdot\ddot{\underset{..}{Cl}}: \longrightarrow :\ddot{\underset{..}{Cl}}: Mg:\ddot{\underset{..}{Cl}}:$$

তড়িদ্‌যোজী যৌগসমূহ দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় আয়নিত হইয়া ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন রূপে অবস্থান করে বলিয়া ইহারা তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য। উদাহরণস্বরূপ, সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণে ধনাত্মক সোডিয়াম আয়ন ও ঋণাত্মক ক্লোরিন আয়নে বিয়োজিত হইয়া যায়। অধিকাংশ তড়িদ্‌যোজী যৌগ কেলাসিত গঠনযুক্ত, উচ্চ গলনাঙ্কবিশিষ্ট, জলে দ্রাব্য ও জৈব তরলে অদ্রাব্য।

সমযোজ্যতা

তড়িদ্‌যোজ্যতার ক্ষেত্রে যেরূপ বিপরীত তড়িদ্‌ধর্মী পরমাণুর মধ্যে সংযোগ ঘটে, বহুক্ষেত্রে সেইরূপ আবার সম-তড়িদ্‌ধর্মী বা তড়িৎ-নিরপেক্ষ মৌলের পরমাণুর মধ্যেও সংযোগ সাধিত হয়। এইসকল ক্ষেত্রে উভয় মৌলের পরমাণুই সমসংখ্যক ইলেকট্রন দান করিয়া এক বা একাধিক

ইলেকট্রন-যুগল (electron pair) সৃষ্টি করে। এই ইলেকট্রন-যুগল উভয় পরমাণুরই অন্তর্ভুক্ত হিসাবে থাকে এবং এইভাবে উভয় পরমাণুই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর ইলেকট্রন-বিন্যাস লাভ করে। দুইটি মৌলের পরমাণুর মধ্যে এক বা একাধিক ইলেকট্রন-যুগল সমভাবে ব্যবহৃত হইয়া রাসায়নিক সংযোগ ঘটাইবার ক্ষমতাকে **সমযোজ্যতা** (covalency) বলে এবং এইরূপে যে যৌগ গঠিত হয়, তাহাকে **সমযোজী যৌগ** (covalent compound) বলে।

সমযোজ্যতা দ্বারা ক্লোরিন, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন প্রভৃতির পরমাণু দ্বিপরমাণুক অণু গঠন করে। ক্লোরিনের সর্ববহিঃস্থ খোলকের ইলেকট্রন-বিন্যাস নিম্নে দেখান হইল।

:C̈l· + ·C̈l: ⟶ (:C̈l:)(C̈l:)

অনুরূপভাবে একটি কার্বন পরমাণু 4টি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত মিলিত হইয়া সমযোজী কার্বন টেট্রাক্লোরাইড অণু (CCl_4) গঠন করে।

অধিকাংশ সমযোজী যৌগ অনিয়তাকার, নিম্ন গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক-বিশিষ্ট, জলে অদ্রাব্য ও জৈব তরলে দ্রাব্য। ইহারা তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য।

অষ্টম অধ্যায়

পারমাণবিক ও আণবিক গুরুত্ব
(Atomic and Molecular Weights)

পাঠ্যসূচী :

পারমাণবিক গুরুত্ব ; আণবিক গুরুত্ব ; গ্রাম পারমাণবিক গুরুত্ব ;
গ্রাম আণবিক গুরুত্ব ; গ্রাম আণবিক আয়তন।

8.1 পারমাণবিক গুরুত্ব

ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুসারে পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করে, তাহা পরমাণু। এই পরমাণুর ভর অত্যন্ত অল্প। হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর $1 \cdot 67 \times 10^{-24}$ গ্রাম, অক্সিজেন পরমাণুর ভর $2 \cdot 65 \times 10^{-23}$ গ্রাম ; প্রকৃতিজাত সর্বাধিক ভারী মৌল ইউরেনিয়ামের পরমাণুর ভর $3 \cdot 95 \times 10^{-22}$ গ্রাম। এই সকল ভর অত্যন্ত সামান্য বলিয়া পারমাণবিক গুরুত্বের মাধ্যমে তুলনামূলকভাবে সাধারণতঃ ইহাদিগকে প্রকাশ করা হয়। এই উদ্দেশ্যে বর্তমানে অক্সিজেনকে প্রমাণ (standard) পদার্থ হিসাবে গ্রহণ করা হয়।

কোন মৌলের পরমাণুর ভর আক্সজেনের পরমাণুর ভরের 1/16 অংশের যত গুণ, সেই সংখ্যাকে মৌলটির **পারমাণবিক গুরুত্ব** (atomic weight) বলে ;* অর্থাৎ

$$\text{মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ভর}}{\text{অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ভর}} \times 16$$

এই সংজ্ঞা অনুযায়ী অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব হইল 16। হাইড্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 1·008 অর্থাৎ হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর অক্সিজেন পরমাণুর ভরের 1/16 অংশের 1·008 গুণ। ইহা লক্ষণীয় যে, পারমাণবিক গুরুত্ব একটি সংখ্যা মাত্র, ইহার কোন মাত্রা নাই।

হাইড্রোজেন সর্বাপেক্ষা হাল্‌কা মৌল বলিয়া পূর্বে হাইড্রোজেনকে প্রমাণ পদার্থ হিসাবে ধরিয়া পারমাণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা এইরূপ নির্দেশ করা

* যৌগিক পদার্থের নিজস্ব কোন পরমাণু নাই, এইজন্য উহার পারমাণবিক গুরুত্ব বলিয়াও কিছু হয় না।

হইত :— কোন মৌলের পরমাণু হাইড্রোজেনের পরমাণুর তুলনায় যত গুণ ভারী, তাহাই মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব। নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 14 বলিলে বুঝাইত যে, নাইট্রোজেনের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের 14টি পরমাণুর সমান ভারী।

নিম্নলিখিত কারণগুলির জন্য বর্তমানে হাইড্রোজেনের পরিবর্তে অক্সিজেনকে প্রমাণ পদার্থ হিসাবে গ্রহণ করা হয়।

(i) হাইড্রোজেন অপেক্ষা অক্সিজেনের সহিত অন্যান্য মৌলের যৌগ গঠন করা বহুলাংশে সহজসাধ্য।

(ii) হাইড্রোজেনকে প্রমাণ পদার্থ হিসাবে গ্রহণ করিলে হাইড্রোজেন অত্যন্ত হাল্কা বলিয়া পরীক্ষাগত ত্রুটি অপেক্ষাকৃত বেশী হয়।

(iii) অক্সিজেনকে 16 হিসাবে ধরিলে অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব পূর্ণ সংখ্যার যত কাছাকাছি হয়, হাইড্রোজেনকে 1 হিসাবে ধরিলে তত কাছাকাছি হয় না।

প্রকৃতিতে প্রাপ্ত মৌল বহুক্ষেত্রে আইসোটোপের সংমিশ্রণ। মৌলের আইসোটোপগুলির রাসায়নিক ধর্ম অভিন্ন বলিয়া রাসায়নিক উপায়ে নির্ণীত পারমাণবিক গুরুত্ব আইসোটোপগুলির পারমাণবিক গুরুত্বের এক প্রকার গড় মান সূচিত করে ; এই মান আইসোটোপসমূহের পারমাণবিক গুরুত্ব ও সংমিশ্রণে উহাদের অনুপাতের উপর নির্ভর করে। 35 ও 37 পারমাণবিক গুরুত্ববিশিষ্ট ক্লোরিন এইরূপ অনুপাতে মিশ্রিত থাকে যে, রাসায়নিক উপায়ে নির্ধারিত ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব হয় 35·5। বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব এই পুস্তকের শেষভাগে প্রদত্ত হইয়াছে।

ইহা সহজেই দেখান যায় যে, কোন মৌলের ভরসংখ্যা উহার পারমাণবিক গুরুত্বের একটি আসন্ন মান।

8.2 আণবিক গুরুত্ব

পদার্থের পরমাণুর ভরের ন্যায় অণুর ভরও অতি সামান্য ; হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও জলের অণুর ভর যথাক্রমে $3{\cdot}35 \times 10^{-24}$ গ্র্যাম, $5{\cdot}30 \times 10^{-23}$ গ্র্যাম ও $2{\cdot}98 \times 10^{-23}$ গ্র্যাম। এইজন্য অণুসমূহের ভর আণবিক গুরুত্বের মাধ্যমে তুলনামূলকভাবে প্রকাশ করা হয়। পারমাণবিক গুরুত্বের ন্যায়

এইক্ষেত্রেও বর্তমানে অক্সিজেনকে প্রমাণ পদার্থরূপে গ্রহণ করা হয় ; পূর্বে অক্সিজেনের পরিবর্তে হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হইত। বর্তমানে আণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা হইল :—

কোন পদার্থের অণুর ভর অক্সিজেনের পরমাণুর ভরের 1/16 অংশের যত গুণ, সেই সংখ্যাকে পদার্থটির **আণবিক গুরুত্ব** (molecular weight) বলে ; অর্থাৎ,

$$\text{পদার্থের আণবিক গুরুত্ব} = \frac{\text{পদার্থটির 1টি অণুর ভর}}{\text{অক্সিজেনের 1টি পরমাণুর ভর}} \times 16$$

অতএব আণবিক গুরুত্ব একটি মাত্রাহীন সংখ্যা।

কার্বন ডাইঅক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব 44 বলিলে বুঝায় যে, উহার একটি অণুর ভর অক্সিজেনের পরমাণুর ভরের 1/16 অংশের 44 গুণ অর্থাৎ উহার একটি অণু অক্সিজেন পরমাণুর তুলনায় (44/16 =) 3·75 গুণ ভারী।

আণবিক গুরুত্বের সংজ্ঞা হইতে সহজেই বুঝা যায় যে, কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্ব উহার অণুতে বর্তমান পরমাণুসমূহ অনুযায়ী দুই বা ততোধিক পারমাণবিক গুরুত্বের সমষ্টি। কার্বন ডাইঅক্সাইডের (CO_2) অণুতে একটি কার্বন পরমাণু ও দুইটি অক্সিজেন পরমাণু আছে। সুতরাং উহার আণবিক গুরুত্ব $= 1 \times 12 + 2 \times 16 = 44$।

পদার্থের পারমাণবিক বা আণবিক গুরুত্বকে বিভিন্ন রাসায়নিক উপায়ে পরিমাপ করা যায়। উহাদের মধ্যে একটি পদ্ধতিতে পদার্থটির বাষ্প-ঘনত্ব D নিরূপণ করা হয় এবং আণবিক গুরুত্ব M-এর সহিত ইহার সম্পর্ক হইতে আণবিক গুরুত্ব বাহির করা যায়। এই সম্পর্ক হইল $M = 2D$।* **ক্যানিজারোর পদ্ধতি** (Cannizzaro's method) অনুযায়ী কোন মৌলিক পদার্থের বহুসংখ্যক যৌগের আণবিক গুরুত্ব নির্ণয় করিয়া সেইগুলি হইতে মৌলটির পারমাণবিক গুরুত্ব বাহির করা যায়। আণবিক গুরুত্বসমূহে ওজন হিসাবে মৌলটির ক্ষুদ্রতম ভাগই উহার পারমাণবিক গুরুত্ব।

8.3 গ্রাম পারমাণবিক গুরুত্ব

কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্বকে গ্রামে প্রকাশ করিলে তাহাকে

* এখানে হাইড্রোজেনকে 1 ধরিয়া আণবিক গুরুত্ব নির্দিষ্ট হইয়াছে। অক্সিজেনকে 16 ধরিয়া আণবিক গুরুত্ব নির্দিষ্ট হইলে উপরিউক্ত সম্পর্কটি হয় : $M = 2{\cdot}016D$। (2.3 অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য)।

মৌলটির **গ্র্যাম পারমাণবিক গুরুত্ব** (gram atomic weight) বা **গ্র্যাম পরমাণু** (gram atom) বলে।

অক্সিজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 16। সুতরাং উহার গ্র্যাম পারমাণবিক গুরুত্ব হইতেছে 16 গ্র্যাম। আবার, 1 গ্র্যাম পরমাণু নাইট্রোজেন বলিলে 14 গ্র্যাম নাইট্রোজেন বুঝায়; কারণ নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 14।

8.4 গ্র্যাম আণবিক গুরুত্ব

কোন পদার্থের আণবিক গুরুত্বকে গ্র্যামে প্রকাশ করিলে তাহাকে পদার্থটির **গ্র্যাম আণবিক গুরুত্ব** (gram molecular weight) বা **গ্র্যাম অণু** (gram molecule) বা আরও সংক্ষেপে **মোল** (mol) বলা হয়।

অক্সিজেন (O_2) ও নাইট্রিক অ্যাসিডের (HNO_3) আণবিক গুরুত্ব হইতেছে যথাক্রমে ($2 \times 16 =$) 32 ও ($1 \times 1 + 1 \times 14 + 3 \times 16 =$) 63। অতএব অক্সিজেনের গ্র্যাম আণবিক গুরুত্ব হইল 32 গ্র্যাম এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের গ্র্যাম আণবিক গুরুত্ব 63 গ্র্যাম। নাইট্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব 28; এইজন্য এক গ্র্যাম অণু (বা মোল) নাইট্রোজেন বলিলে 28 গ্র্যাম নাইট্রোজেন বুঝাইয়া থাকে।

8.5 গ্র্যাম আণবিক আয়তন

দ্বিতীয় অধ্যায়ে আলোচিত অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে দেখান যায় যে, এক গ্র্যাম অণু পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন নির্দিষ্ট তাপমাত্রা ও চাপে ধ্রুবক হয়। এক গ্র্যাম অণু পরিমাণ যে-কোন গ্যাস যে আয়তন অধিকার করিয়া থাকে, তাহাকে গ্যাসটির **গ্র্যাম আণবিক আয়তন** (gram molecular volume) বা **মোলার আয়তন** (molar volume) বলা হয়। সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে এই আয়তন 22·4 লিটার।

অতএব প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে 2 গ্র্যাম হাইড্রোজেন, 32 গ্র্যাম অক্সিজেন বা 44 গ্র্যাম কার্বন ডাইঅক্সাইডের আয়তন 22·4 লিটার।

নবম অধ্যায়

খনিজ অ্যাসিড
(Mineral Acids)

পাঠ্যসূচী :

HCl, H_2SO_4 ও HNO_3-এর সরল প্রস্তুতি-প্রণালী, সাধারণ ধর্মসমূহ এবং বৈশিষ্ট্যমূলক বিক্রিয়া।

বহুল ব্যবহৃত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অ্যাসিড **খনিজ অ্যাসিড** (mineral acids) নামে পরিচিত। ইহার কারণ, এই অ্যাসিডগুলি খাদ্য লবণ (সোডিয়াম ক্লোরাইড), গন্ধক (সালফার), সোরা (পটাসিয়াম নাইট্রেট) প্রভৃতি খনিজ পদার্থ হইতে প্রস্তুত হয়। বর্তমান অধ্যায়ে এই অ্যাসিডগুলি সম্বন্ধে আলোচনা করা হইবে।

9.1 হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

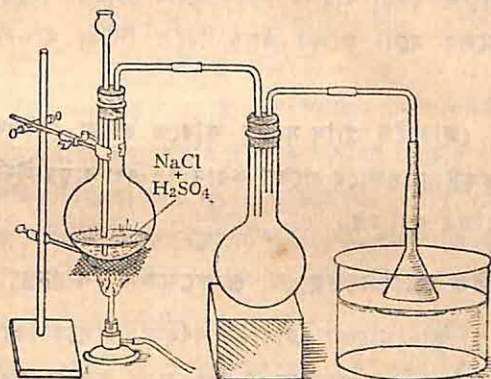
সংকেত—HCl

আণবিক গুরুত্ব—36·5

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড আমাদের দেহের পাচক রসে (gastric juice) সামান্য পরিমাণে থাকে। প্রকৃতিতে আগ্নেয়গিরি হইতে নির্গত গ্যাসগুলির মধ্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড পাওয়া যায়। সাধারণতঃ HCl-কে গ্যাসীয় অবস্থায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইড এবং জলে দ্রবীভূত অবস্থায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড বলা হয়। ক্লোরাইড লবণ হিসাবে ইহা প্রচুর পরিমাণে সমুদ্রজলে ও খনিতে পাওয়া যায়।

রসায়নাগারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি

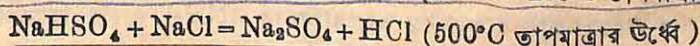
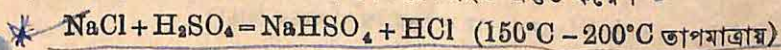
রসায়নাগারে সাধারণতঃ খাদ্য লবণ (NaCl) ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের (H_2SO_4) মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস প্রস্তুত করা হয়। গ্যাসটিকে জলে দ্রবীভূত করিয়া লইলে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

একটি গোলতল ফ্লাস্কে কিছুটা সাধারণ খাদ্য লবণ লইয়া ফ্লাস্কের মুখে কর্ক বা ছিপির মাধ্যমে একটি দীর্ঘনল ফানেল (thistle funnel) ও একটি নির্গম-নল সংযুক্ত করা হয় (9.1 নং চিত্র)। দীর্ঘনল ফানেলের সাহায্যে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফ্লাস্কের মধ্যে এমনভাবে লওয়া হয় যাহাতে সমগ্র লবণ অ্যাসিড দ্বারা আবৃত থাকে এবং দীর্ঘনল ফানেলের শেষ প্রান্ত

9.1 নং চিত্র—রসায়নাগারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

অ্যাসিডে নিমজ্জিত থাকে। নির্গম-নলের শেষ প্রান্তটি আর একটি খালি ফ্লাস্কে কর্কের মাধ্যমে প্রবেশ করান থাকে এবং এই ফ্লাস্কে আর একটি নির্গম-নল যুক্ত করিয়া দেওয়া হয়। ইহার শেষ প্রান্তে একটি কাচের ফানেল লাগান থাকে। ফানেলের মুখ একটি পাত্রে রক্ষিত জলের উপরিতলের ঠিক নীচে রাখা হয়। এইবার গোলতল ফ্লাস্কটিকে বুনসেন দীপ (Bunsen burner) দ্বারা উত্তপ্ত করিলে বিক্রিয়া শুরু হয়। প্রথম পর্যায়ে মিশ্রণটির 150°C – 200°C তাপমাত্রায় সোডিয়াম বাইসালফেট ($NaHSO_4$) এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। দ্বিতীয় পর্যায়ে উৎপন্ন সোডিয়াম বাইসালফেট আরও অধিক তাপমাত্রায় (500°C-এর উর্ধ্বে) অতিরিক্ত খাদ্য লবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4) এবং আরও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করে।

$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (150°C – 200°C তাপমাত্রায়)

$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$ (500°C তাপমাত্রার উর্ধ্বে)

$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$

উৎপন্ন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস খালি ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া গ্রাহক-পাত্রে রক্ষিত জলে দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। খালি ফ্লাস্কটি না থাকিলে গ্রাহক-পাত্রের জল নল বাহিয়া গোলতল ফ্লাস্কে পড়িয়া গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে বিস্ফোরণ ঘটাইতে পারে; কারণ হাইড্রোজেন ক্লোরাইড যে হারে উৎপন্ন হয়, তাহা অপেক্ষা দ্রুততর হারে জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়। নির্গম-নলের প্রান্তে সংযুক্ত ফানেলের বিস্তৃত মুখও নলের মধ্যে জলের উপর দিকে উঠিয়া যাওয়ার গতিকে মন্দীভূত করে।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস সংগ্রহ করিতে হইলে গোলতল ফ্লাস্কের নির্গম-নলটিকে একটি গ্যাসজারে প্রবেশ করান হয় এবং বায়ুর উর্ধ্বাপসারণের সাহায্যে গ্যাস সংগ্রহ করা হয়।

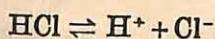
হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ধর্ম ও কয়েকটি বিক্রিয়া

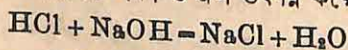
ভৌত ধর্ম :—হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বর্ণহীন, শ্বাসরোধকারী, ঝাঁঝাল গন্ধ-যুক্ত গ্যাস ; ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। ইহা আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হয়। চাপ বাড়াইয়া বা তাপমাত্রা কমাইয়া এই গ্যাসকে প্রথমে তরলে ও পরে কঠিনে পরিণত করা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম :—(i) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস দাহ্য নয় এবং দহনে সহায়তা করে না।

(ii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড একটি তীব্র অ্যাসিড। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে নীল লিটমাস কাগজ লাল হয়।

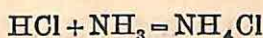
(iii) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ নিম্নলিখিতভাবে আয়নিত হয়।

$$HCl \rightleftharpoons H^{+} + Cl^{-}$$

(iv) অ্যাসিডের ধর্ম অনুযায়ী ক্ষার জাতীয় পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

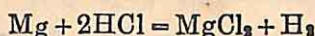
$$HCl + NaOH = NaCl + H_2O$$

($NaOH$ – সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কস্টিক সোডা)

গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়ার (NH_3) সহিত বিক্রিয়ায় নিশাদল বা অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করে। হাইড্রোজেন ক্লোরাইড

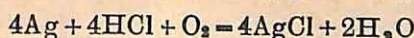
গ্যাস ও অ্যামোনিয়া গ্যাসের মিশ্রণে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের ঘন সাদা ধূম উৎপন্ন হয়।

$$HCl + NH_3 = NH_4Cl$$

(v) যে সকল ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে* (electro-chemical series) হাইড্রোজেনের পূর্বে অবস্থিত, তাহারা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

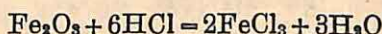
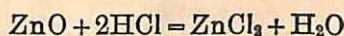
$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

$$Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$

($MgCl_2$—ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড, $FeCl_2$—ফেরাস ক্লোরাইড)

সোনা, প্লাটিনাম, রূপা প্রভৃতি বরধাতু সাধারণ অবস্থায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে না। অক্সিজেনের উপস্থিতিতে রূপা ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করিয়া সিলভার ক্লোরাইড (AgCl) উৎপন্ন করে।

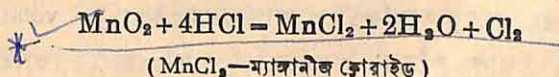
$$4Ag + 4HCl + O_2 = 4AgCl + 2H_2O$$

(vi) দস্তা, সীসা প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ধাতুগুলির ক্লোরাইড লবণ এবং জল [উৎপন্ন করে।

$$ZnO + 2HCl = ZnCl_2 + H_2O$$

$$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$$

(ZnO—জিংক অক্সাইড, $ZnCl_2$—জিংক ক্লোরাইড, Fe_2O_3—ফেরিক অক্সাইড, $FeCl_3$—ফেরিক ক্লোরাইড)

(vii) ম্যাঙ্গানীজ ডাইঅক্সাইড (MnO_2), পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ($K_2Cr_2O_7$), পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) প্রভৃতি জারক দ্রব্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে জারিত করিয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে।

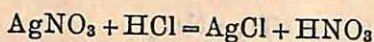
$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

($MnCl_2$—ম্যাঙ্গানীজ ক্লোরাইড)

এই বিক্রিয়ার সাহায্যেই সাধারণতঃ ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।

---

* তড়িদ্‌ধর্মিতা অনুসারে ধাতু এবং অধাতুগুলিকে সজ্জিত করিয়া তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী গঠন করা হয়। এই শ্রেণীতে অবস্থিত পূর্ববর্তী কোন মৌল পরবর্তী মৌল হইতে অধিকতর তড়িদ্‌ধনাত্মক (electropositive)। এই শ্রেণীতে ধাতুগুলির ক্ষেত্রে হাইড্রোজেনের পূর্বে K, Na, Ca, Mg, Al, Zn ও Fe এবং হাইড্রোজেনের পরে Cu, Hg, Ag ও Au রহিয়াছে।

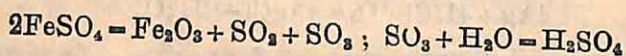
(viii) সীসা, রূপা প্রভৃতি ধাতুগুলির লবণের সহিত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ধাতুগুলির সাদা ক্লোরাইড লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$$

($AgNO_3$—সিলভার নাইট্রেট, HNO_3—নাইট্রিক অ্যাসিড)

9.2 সালফিউরিক অ্যাসিড

সংকেত—H_2SO_4 আণবিক গুরুত্ব—98

সালফিউরিক অ্যাসিডের অপর একটি নাম "ভিট্রিয়ল তৈল" (oil of vitriol), কারণ প্রাচীনকালে সবুজ ভিট্রিয়ল বা হীরাকসকে (ফেরাস সালফেট ($FeSO_4$)) পাতিত করিয়া এবং উৎপন্ন সালফার ট্রাইঅক্সাইড (SO_3) গ্যাসকে জলে শোষিত করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হইত।

$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3\ ;\ SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

শিল্পক্ষেত্রে এই অ্যাসিডটির চাহিদা সর্বাধিক। বস্তুতঃ কোন দেশে সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহারের পরিমাণ হইতে তাহার শিল্প-প্রগতির পরিচয় পাওয়া যায়।

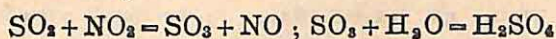
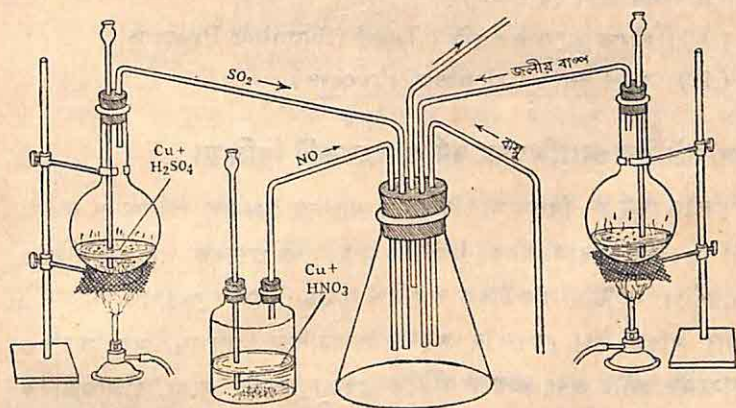
সালফিউরিক অ্যাসিড সাধারণতঃ প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় থাকে না। ধাতব সালফেট লবণগুলি প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

রসায়নাগারে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি

শিল্পক্ষেত্রে যে পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়, তাহার সাহায্যে রসায়নাগারেও ইহা প্রস্তুত করা যাইতে পারে। যেহেতু সালফিউরিক অ্যাসিড কম উদ্বায়ী (volatile), সেই কারণে অন্যান্য অজৈব অ্যাসিডের (যেমন—হাইড্রোক্লোরিক বা নাইট্রিক অ্যাসিড) ন্যায় সালফিউরিক অ্যাসিডের কোন লবণের সহিত অন্য কোন অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ইহা প্রস্তুত করা সম্ভব নয়। সাধারণতঃ নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড (NO_2) অনুঘটকের উপস্থিতিতে সালফার ডাইঅক্সাইডকে (SO_2) সালফার ট্রাইঅক্সাইডে (SO_3) জারিত করা হয়; ইহা জলীয় বাষ্প বর্তৃক শোষিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড

উৎপন্ন করে। জারণ প্রক্রিয়ার সময় নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড নাইট্রিক অক্সাইডে (NO) বিজারিত হয়; নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর অক্সিজেন কর্তৃক জারিত হইয়া পুনরায় নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডে পরিণত হয়।*

$$SO_2 + NO_2 = SO_3 + NO \; ; \; SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

$$2NO + O_2 = 2NO_2$$

একটি বড় গোলতল ফ্লাস্কে কর্কের মাধ্যমে পাঁচটি নল এইরূপ ভাবে লাগান হয় যাহাতে চারটি নলের শেষ প্রান্ত ফ্লাস্কের প্রায় তলদেশ পর্যন্ত পৌঁছায়; পঞ্চম নলটি কর্কের সামান্য নীচে পর্যন্ত প্রবিষ্ট থাকে (9.2 নং চিত্র)।

9.2 নং চিত্র—রসায়নাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

প্রথম নলটির মধ্য দিয়া ফ্লাস্কের মধ্যে বায়ু প্রবেশ করান হয়। একটি উল্‌ফ্‌ বোতলে তামার কুচি ও নাতিগাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন নাইট্রিক অক্সাইড গ্যাস দ্বিতীয় নল দিয়া ফ্লাস্কে চালনা করা হয়। নাইট্রিক অক্সাইড ও বায়ুর অক্সিজেনের মধ্যে বিক্রিয়ায় ফ্লাস্কের মধ্যে নাই-

* এই বিক্রিয়াগুলি সম্বন্ধে একটি বিকল্প ব্যাখ্যাও আছে। তদনুসারে নাইট্রোসো-সালফিউরিক অ্যাসিড ($SO_2(OH).O.NO$) প্রথমে উৎপন্ন হয়। উহা পরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

ট্রোজেন ডাইঅক্সাইডের গাঢ় বাদামী ধূম উৎপন্ন হয়। এইবার তামার কুচি ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড অন্য একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন সালফার ডাইঅক্সাইড তৃতীয় নল দ্বারা ফ্লাস্কটিতে প্রবেশ করান হয়। অতঃপর ফ্লাস্কে গাঢ় বাদামী ধূম অন্তর্হিত হইবার পর অন্য একটি ফ্লাস্কে জল উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন বাষ্প চতুর্থ নলপথে বড় ফ্লাস্কটির মধ্যে চালনা করা হয়। পঞ্চম নলটি দিয়া উদ্বৃত্ত অবিকৃত গ্যাসগুলি নির্গত হইয়া যায়। সালফার ডাইঅক্সাইড নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডের উপস্থিতিতে সালফার ট্রাইঅক্সাইডে পরিণত হয় এবং জলীয় বাষ্পের সহিত উহার বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তৈলের ন্যায় বিন্দু বিন্দু সালফিউরিক অ্যাসিড ফ্লাস্কের গাত্রে সঞ্চিত হয়।

শিল্পক্ষেত্রে ব্যবহারের জন্য প্রধানতঃ দুইটি পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয় :—

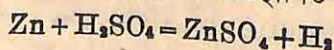
(1) সীসক প্রকোষ্ঠ পদ্ধতি (Lead Chamber Process)

(2) স্পর্শ পদ্ধতি (Contact Process)।

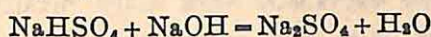
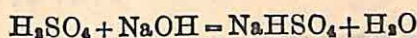
সালফিউরিক অ্যাসিডের ধর্ম ও কয়েকটি বিক্রিয়া

ভৌত ধর্ম :—বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড তৈলবৎ, বর্ণহীন ও অত্যন্ত ভারী তরল। ইহার ঘনত্ব 1.84। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড বলিতে সাধারণতঃ 98% সালফিউরিক অ্যাসিড বুঝায় ; ইহার স্ফুটনাঙ্ক 338°C। জলের সহিত ইহা যে-কোন অনুপাতে মিশিতে পারে। সালফিউরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইলে জলের মধ্যে সালফিউরিক অ্যাসিড ধীরে ধীরে ঢালিতে হয়। অ্যাসিডের মধ্যে জল ঢালিলে প্রচণ্ড তাপের সৃষ্টি হয় এবং উৎপন্ন জলীয় বাষ্পের প্রসারণের ফলে অ্যাসিড চারিদিকে ছিটকাইয়া পড়িতে পারে। সালফিউরিক অ্যাসিড তাপ ও বিদ্যুতের সুপরিবাহী। ইহা অত্যন্ত ক্ষয়কারী।

রাসায়নিক ধর্ম :—(i) সালফিউরিক অ্যাসিড একটি দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে। দস্তা, লৌহ, প্রভৃতি যেসকল ধাতু তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের পূর্বে অবস্থিত, তাহারা সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

($ZnSO_4$—জিংক সালফেট)

(ii) ক্ষার ও ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড লবণ এবং জল উৎপন্ন করে।

$$H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O$$
$$NaHSO_4 + NaOH = Na_2SO_4 + H_2O$$
$$CaO + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O$$

(CaO—ক্যালসিয়াম অক্সাইড (পাথুরে চুন), $CaSO_4$—ক্যালসিয়াম সালফেট)

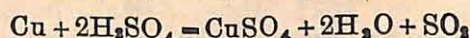
(iii) সালফিউরিক আসিডের জলীয় দ্রবণ নিম্নলিখিতভাবে আয়নিত হয়।

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$
$$HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{--}$$

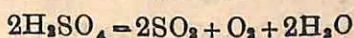
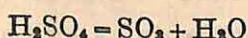
(HSO_4^- —বাইসালফেট মূলক ; SO_4^{--} —সালফেটমূলক)

(iv) গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের জল আকর্ষণ করিবার প্রবল ক্ষমতা আছে। সেইজন্য কোন কোন পদার্থ হইতে জল অপসারিত করিতে ইহা ব্যবহার করা হয়। বহু গ্যাসকে শুষ্ক করিবার জন্য গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া উহাদিগকে প্রবাহিত করা হয়। গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে বহু জৈব পদার্থ (চিনি, কাগজ প্রভৃতি) জল অপসারণের ফলে কালো অঙ্গারে পরিণত হয়।

(v) উত্তপ্ত অবস্থায় গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড জারণধর্মী। প্রতিক্ষেত্রে সালফিউরিক অ্যাসিড বিজারিত হইয়া সালফার ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$C + 2H_2SO_4 = CO_2 + 2H_2O + 2SO_2$$
$$Cu + 2H_2SO_4 = CuSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

($CuSO_4$—কপার সালফেট বা কিউপ্রিক সালফেট)

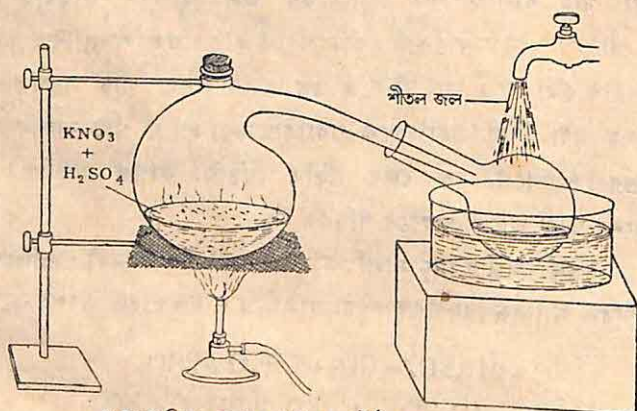
(vi) উচ্চ তাপমাত্রায় সালফিউরিক অ্যাসিড প্রথমে সালফার ট্রাই-অক্সাইড ও জলীয় বাষ্পে এবং আরও অধিক তাপমাত্রায় সালফার ডাইঅক্সাইড, অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পে বিয়োজিত হয়।

$$H_2SO_4 = SO_3 + H_2O$$
$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + O_2 + 2H_2O$$

9.3 নাইট্রিক অ্যাসিড

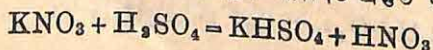
সংকেত—HNO_3 আণবিক গুরুত্ব—63

বায়ুমণ্ডলে বৈদ্যুতিক ক্ষরণের ফলে অত্যন্ত সামান্য পরিমাণে নাইট্রিক অ্যাসিড মুক্ত অবস্থায় থাকে। ইহা যৌগ অবস্থায় (প্রধানতঃ নাইট্রেট লবণ রূপে) মাটিতে মিশ্রিত থাকে। সোরা (nitre, KNO_3) ও চিলি সল্ট পিটার (Chile Saltpeter, $NaNO_3$) খনিজ হিসাবে পাওয়া যায়।

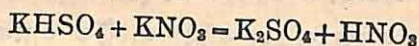
রসায়নাগারে নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি

রসায়নাগারে সাধারণতঃ পটাসিয়াম নাইট্রেট (KNO_3) ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড সমপরিমাণে মিশ্রিত করিয়া এবং সেই মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। একটি কাচের বকযন্ত্রে (retort) বিক্রিয়ক পদার্থগুলিকে লইয়া উহাকে ধারকের সাহায্যে তারজালির উপর

9.3 নং চিত্র—রসায়নাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

বসান হয় (9.3 নং চিত্র)। বকযন্ত্রের গলার শেষ প্রান্তটিকে একটি সংগ্রাহক আধারের মধ্যে প্রবেশ করান হয়। আধারটিকে জলধারার সাহায্যে শীতল রাখিবার ব্যবস্থা থাকে। বুনসেন দীপ দ্বারা বকযন্ত্রটিকে উত্তপ্ত করিলে অপেক্ষাকৃত অল্প তাপমাত্রায় (প্রায় 200°C) পটাসিয়াম বাইসালফেট ($KHSO_4$) এবং নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত হয়।

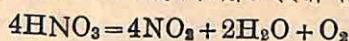
$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$$

নাইট্রিক অ্যাসিড উদ্বায়ী বলিয়া ইহা গ্যাসের আকারে বকযন্ত্রের গলা বাহিয়া বাহির হইয়া আসে এবং সংগ্রাহক আধারে ঘনীভূত হইয়া তরল নাইট্রিক অ্যাসিড রূপে সংগৃহীত হয়।

বকযন্ত্রটিকে আরও বেশী উত্তপ্ত করিবার ফলে উহার তাপমাত্রা প্রায় ?00°C হইলে এবং পটাসিয়াম নাইট্রেট উদ্বৃত্ত থাকিলে পটাসিয়াম বাইসালফেট পটাসিয়াম সালফেটে (K_2SO_4) পরিণত হয় এবং আরও নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত হয়।

$$KHSO_4 + KNO_3 = K_2SO_4 + HNO_3$$

তবে রসায়নাগারে নিম্ন তাপমাত্রায় (200°C) নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। ইহার কারণ—

(i) এই তাপমাত্রায় উৎপন্ন পটাসিয়াম বাইসালফেট তরল অবস্থায় কে। ফলে বিক্রিয়াশেষে ইহাকে বকযন্ত্র হইতে সহজেই বাহির করিয়া য়া সম্ভব। কিন্তু উচ্চ তাপমাত্রায় যে পটাসিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়, া বকযন্ত্রের গাত্রে দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া থাকে বলিয়া তাহাকে বাহির কষ্টকর।

(ii) বকযন্ত্রটিকে 800°C তাপমাত্রা পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলে উৎপন্ন ট্রিক অ্যাসিড নিম্নলিখিতভাবে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়।

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$

(iii) উচ্চ তাপমাত্রায় নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প বকযন্ত্রের কাচকে ...য়িত করে।

উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিডে অশুদ্ধি হিসাবে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড (NO_2) মিশ্রিত থাকে। নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে কিছুক্ষণ ধরিয়া বায়ুপ্রবাহ চালাইলে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড উবিয়া গিয়া দূরীভূত হয়। এইবার অ্যাসিডটিকে কম চাপে পাতিত করিলে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড 98%) পাওয়া যাইবে।

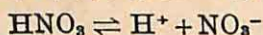
ইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম ও কয়েকটি বিক্রিয়া

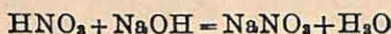
ভৌত ধর্ম :—বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড একটি বর্ণহীন ও ধূমায়মান তরল পদার্থ। 14°C তাপমাত্রায় ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·52। ইহার স্ফুটনাঙ্ক হইতেছে 86°C এবং স্বাভাবিক চাপে হিমাঙ্ক −46°C। ইহাকে

জলের সঙ্গে যে-কোন অনুপাতে মিশান যায়। নাইট্রিক অ্যাসিডে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড সহজেই দ্রবীভূত হয় এবং এই গাঢ় বাদামী বর্ণের দ্রবণকে ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড (fuming nitric acid) বলে।

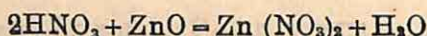
রাসায়নিক ধর্ম :—(i) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র অ্যাসিড ও ক্ষয়কারী (corrosive) পদার্থ।

(ii) ইহা জলীয় দ্রবণে নিম্নলিখিতভাবে আয়নিত হয়।

$$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$$

(iii) ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড নাইট্রেট লবণ ও জল উৎপন্ন করে।

$$HNO_3 + NaOH = NaNO_3 + H_2O$$

($NaNO_3$—সোডিয়াম নাইট্রেট)

ক্ষারকীয় অক্সাইডের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় অনুরূপভাবে লবণ ও জল উৎপন্ন হয়।

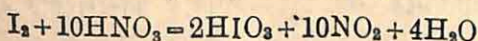
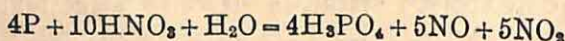
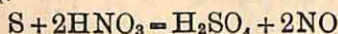
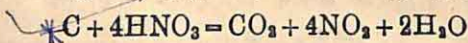
$$2HNO_3 + ZnO = Zn\ (NO_3)_2 + H_2O$$

($Zn(NO_3)_2$—জিংক নাইট্রেট)

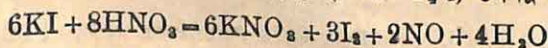
(iv) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি জারক পদার্থ। উহাকে উত্তাপ প্রয়োগে বিশ্লিষ্ট করিলে যে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়, তাহাই অন্য কোন পদার্থের জারণের জন্য দায়ী। কার্বন, সালফার, ফসফরাস ও আয়োডিন—এই অধাতব মৌলগুলি গাঢ় ও উত্তপ্ত নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া যথাক্রমে কার্বন ডাইঅক্সাইড, সালফিউরিক অ্যাসিড, অর্থফসফোরিক অ্যাসিড (H_3PO_4) ও আয়োডিক (HIO_3) উৎপন্ন করে।

$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

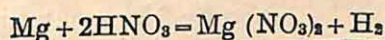
$$S + 2HNO_3 = H_2SO_4 + 2NO$$

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO + 5NO_2$$

$$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$$

পটাসিয়াম আয়োডাইড (KI), হাইড্রোজেন সালফাইড (H_2S) ও অম্লীকৃত ফেরাস সালফেট ($FeSO_4$) নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা জারিত হইয়া যথাক্রমে আয়োডিন, সালফার ও ফেরিক সালফেট ($Fe_2(SO_4)_3$) উৎপন্ন করে।

$$6KI + 8HNO_3 = 6KNO_3 + 3I_2 + 2NO + 4H_2O$$

(v) প্ল্যাটিনাম, সোনা প্রভৃতি বরধাতু ব্যতীত প্রায় সকল ধাতুই

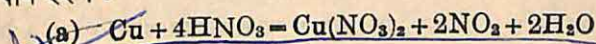
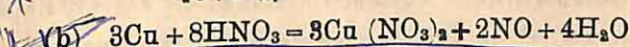
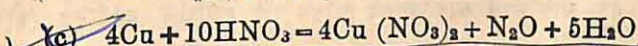
নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে। এইজন্য নাইট্রিক অ্যাসিডকে অ্যাকোয়া ফর্টিস (aqua fortis) বা শক্তিশালী জল বলা হয়। ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানীজ লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Mg + 2HNO_3 = Mg(NO_3)_2 + H_2$$

($Mg(NO_3)_2$—ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রেট)

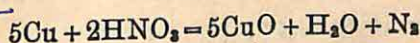
তামা বা দস্তার ন্যায় ধাতু ও নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থগুলি হইল জল, ধাতব নাইট্রেট ও নাইট্রোজেন বা উহার অক্সাইড বা অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3)। উৎপন্ন পদার্থগুলি কি হইবে, তাহা নির্ভর করে অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব ও তাপমাত্রা এবং ধাতুগুলির প্রকৃতির উপর। উদাহরণ হিসাবে তামার সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া দেখান হইল :—

(a) $Cu + 4HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2NO_2 + 2H_2O$
শীতল ও গাঢ়

(b) $3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$
শীতল ও নাতিগাঢ়

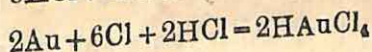
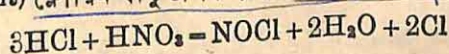
(c) $4Cu + 10HNO_3 = 4Cu(NO_3)_2 + N_2O + 5H_2O$
শীতল ও লঘু

($Cu(NO_3)_2$—কিউপ্রিক নাইট্রেট)

(d) নাইট্রিক অ্যাসিড-বাষ্প ও তামা বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$5Cu + 2HNO_3 = 5CuO + H_2O + N_2$$

(CuO—কিউপ্রিক অক্সাইড)

(vi) গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড 1 : 3 আয়তন অনুপাতে মিশ্রিত করিলে **অ্যাকোয়া রিজিয়া** (aqua regia) বা অম্লরাজ নামক একপ্রকার শক্তিশালী অ্যাসিড প্রস্তুত হয়। ইহাতে সোনা, প্ল্যাটিনাম প্রভৃতি ধরধাতু দ্রবীভূত হয়। প্রকৃতপক্ষে এখানে জায়মান (nascent) ক্লোরিন ধাতুগুলির সহিত বিক্রিয়া করে।

$$3HCl + HNO_3 = NOCl + 2H_2O + 2Cl$$

$$2Au + 6Cl + 2HCl = 2HAuCl_4$$

($NOCl$—নাইট্রোসিল ক্লোরাইড, $HAuCl_4$—ক্লোরোঅরিক অ্যাসিড)

দশম অধ্যায়

কয়েকটি অধাতব মৌল
(Some Non-metallic Elements)

পাঠ্যসূচী :

কার্বন, গন্ধক, ফসফরাস ও বোরন—ইহাদের উৎস এবং ব্যবহার ; কার্বন ও ফসফরাসের বহুরূপতা।

10.1 কার্বন

চিহ্ন—C

পারমাণবিক গুরুত্ব = 12

কার্বনের উৎস :—প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে কার্বন (carbon) মৌল অবস্থায় পাওয়া যায়। ইহার বহু রূপের মধ্যে উল্লেখযোগ্য হইল কয়লা, হীরক, গ্র্যাফাইট ইত্যাদি। ইহাদিগকে সাধারণতঃ খনি হইতে সংগ্রহ করা হয়। কার্বনের যৌগের ন্যায় এরূপ বহুসংখ্যক যৌগ অন্য কোন মৌ[illegible]ক পদার্থের দেখা যায় না। জীবদেহের অধিকাংশ পদার্থই কার্বনের যৌগ। কার্বনে অন্যান্য যৌগের মধ্যে চুনাপাথর ($CaCO_3$), ম্যাগনেসাইট ($MgCO_3$) প্রভৃতি খনিজ পদার্থ উল্লেখযোগ্য।

কার্বনের ব্যবহার :—কার্বন বিভিন্ন রূপে প্রচুর পরিমাণে [illegible]ত হয়। ইহাদের মধ্যে হীরক, গ্র্যাফাইট, চারকোল (কাঠকয়লা ইত্যাদি), কোক, গ্যাস-কার্বন প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। হীরক সাধারণতঃ রত্ন হিসা[illegible] এবং কাচ কাটিবার কাজে ব্যবহৃত হয়। আমরা যে পেন্সিলের সাহায্যে কাগজে লিখি, তাহাতে গ্র্যাফাইট থাকে। বৈদ্যুতিক আর্ক এবং বহুবিধ তড়িৎ-কোষে তড়িদ্দ্বার রূপে গ্রাফাইট খণ্ডের ব্যবহার আছে। পারমাণবিক চুল্লীতে গ্র্যাফাইট দণ্ড ব্যবহৃত হয়। তৈলের সহিত গ্র্যাফাইট চূর্ণ মিশাইয়া ঘর্ষণরোধক পিচ্ছিল পদার্থ (lubricant) প্রস্তুত করা হয় ; ইহা বহু যন্ত্রপাতিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। দৈনন্দিন জীবনে কাঠকয়লা জ্বালানী রূপে ব্যবহৃত হয়। চূর্ণীকৃত সক্রিয় চারকোল (activated charcoal) দ্বারা উদ্ভিজ্জ রং, অ্যাসিড এবং কতকগুলি গ্যাস শোষিত হয়। এইজন্য বিরঞ্জক পদার্থ হিসাবে, কয়েকটি ঔষধে ও গ্যাস-মুখোসে

াবহার আছে। প্রধানতঃ ধাতু নিষ্কাশনে ও জ্বালানী রূপে কোকের* এবং তড়িদ্দ্বার প্রস্তুতির কাজে গ্যাস-কার্বনের ব্যবহার আছে।

10.2 গন্ধক

চিহ্ন—S পারমাণবিক গুরুত্ব = 32

গন্ধকের উৎস :—মৌল অবস্থায় গন্ধক (sulphur) ইটালীর অন্তর্গত সিসিলি, জাপানের আগ্নেয়গিরি অঞ্চলগুলিতে ও আমেরিকায় বহুল পরিমাণে পাওয়া যায়। প্রকৃতিতে যৌগ অবস্থায় গন্ধক সাধারণতঃ সালফেট (যেমন জিপসাম ($CaSO_4$, $2H_2O$), ব্যারাইটিস ($BaSO_4$) প্রভৃতি) এবং সালফাইড (যেমন আয়রন পাইরাইটিস (FeS), গ্যালেনা (PbS)) রূপে পাওয়া যায়। প্রোটিন জাতীয় জৈব পদার্থে এবং পেঁয়াজ, রসুন প্রভৃতিতে গন্ধক যৌগরূপে আছে।

গন্ধকের ব্যবহার :—বিরঞ্জন শিল্পে ও চিকিৎসাশাস্ত্রে গন্ধকের ব্যবহার আমাদের দেশে বহু প্রাচীনকাল হইতে প্রচলিত আছে। সিন্দুর, মক রজ ইত্যাদি প্রস্তুত করিতে গন্ধক ব্যবহৃত হয়। বর্তমানে দিয়াশলাই শি... বারুদ ও আতস বাজী প্রস্তুত করিতে, কীটনাশকরূপে এবং ঔষধে গন্ধক ব্যবহৃত হইয়া থাকে। সালফিউরিক অ্যাসিড, সালফার ডাইঅক্সাইড, কার্বন ডাইসালফাইড, সোডিয়াম থায়োসালফেট (হাইপো) ইত্যাদির উৎপাদনে ও রবারের কঠিনীকরণে (vulcanisation) প্রচুর পরিমাণে গন্ধকের ব্যবহার আছে।

10.3 ফসফরাস

চিহ্ন—P পারমাণবিক গুরুত্ব—31

ফসফরাসের উৎস :—প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় ফসফরাস (phosphorus) পাওয়া যায় না। যৌগিক অবস্থায় ইহা সাধারণতঃ ফসফেটরূপে থাকে। যে সকল খনিজ যৌগের মধ্যে ফসফরাস আছে, তাহাদের মধ্যে উল্লেখযোগ্য হইল : ফ্লুর-অ্যাপাটাইট ($3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$), ক্লোর-অ্যাপাটাইট ($3Ca_3(PO_4)_2$, $CaCl_2$), ফসফোরাইট ($Ca_3(PO_4)_2$)

* খনিজ কয়লা হইতে অন্তর্ধূম পাতনের (destructive distillation) সাহায্যে আলকাতরা, কোল গ্যাস, গ্যাস-কার্বন ইত্যাদি পাওয়া যায়। জ্বালানী কয়লা বা কোক অবশেষ (residue) রূপে পড়িয়া থাকে।

প্রভৃতি। উর্বর মৃত্তিকায় ইহা ক্যালসিয়াম ফসফেট ($Ca_3(PO_4)_2$) রূপে থাকে। প্রাণিদেহের অস্থিতে শতকরা 58 ভাগ ক্যালসিয়াম ফসফেট আছে। সেইজন্য অস্থি হইতে প্রাপ্ত অস্থিভস্ম হইল ফসফরাস প্রস্তুত করিবার অন্যতম উৎস। উদ্ভিদ্‌বীজে, ডিমের কুসুমে, প্রাণীর মস্তিষ্কে ও স্নায়ুতে প্রচুর ফসফরাস যৌগ অবস্থায় আছে। জীবকোষে নিউক্লেয়িক অ্যাসিডের (nucleic acid) একটি প্রধান উপাদান ফসফরাস।

ফসফরাসের ব্যবহার :—ফসফরাস প্রধানতঃ দুই প্রকার—শ্বেত ও লোহিত ফসফরাস। শ্বেত ফসফরাস প্রধানতঃ লোহিত ফসফরাস উৎপন্ন করিতে ব্যবহৃত হয়। দিয়াশলাই শিল্পে ফসফরাসের ব্যবহার সর্বাধিক। দিয়াশলাই বাক্সের গায়ে লোহিত ফসফরাস কাচ-চূর্ণ ও আঠার সহিত লাগান থাকে। ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5), ক্যালসিয়াম ও সোডিয়াম হাইপোফসফাইট (NaH_2PO_2) প্রভৃতি বহু রাসায়নিক যৌগ প্রস্তুত করিতে ফসফরাসের ব্যবহার আছে। ফসফেট-ঘটিত যৌগগুলি (যেমন সুপার ফসফেট অব লাইম (super phosphate of lime) সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

10.4 বোরন

চিহ্ন—B পারমাণবিক গুরুত্ব = 11

বোরনের উৎস :—প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় বোরন (boron) পাওয়া যায় না। ইহার যৌগগুলির মধ্যে নিম্নলিখিত পদার্থ দুইটি প্রধান :

(i) বোরিক অ্যাসিড (H_3BO_3)

(ii) বোরাক্স (সোহাগা) বা সোডিয়াম পাইরোবোরেট ($Na_2B_4O_7, 10H_2O$)

কোন কোন স্থানে আগ্নেয়গিরি বা ভূগর্ভ হইতে নির্গত জলীয় বাষ্পের সহিত বোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত থাকে।

বোরিক অ্যাসিড ও বোরাক্সের ব্যবহার :—বোরিক অ্যাসিড প্রধানতঃ জীবাণুনাশক রূপে ঔষধে ব্যবহার করা হয়। ঔষধের দোকান হইতে আমরা যে লাল রঙের তুলা (borated cotton) ক্রয় করি তাহাতে বোরিক অ্যাসিড মিশ্রিত থাকে। কাচ প্রস্তুতিতে এবং মাটি ধাতব পাত্রের উপর এনামেল করিতে বোরিক অ্যাসিড এবং বোরাক্স

ব্যবহার করা হয়। রসায়নাগারে বিকারক (reagent) হিসাবে ও স্বর্ণালঙ্কার শিল্পে বোরাক্সের ব্যবহার আছে।

10.5 কার্বন ও ফসফরাসের বহুরূপতা

যে ধর্মের জন্য কোন মৌল বিভিন্ন রূপে থাকিতে পারে, তাহাকে **বহুরূপতা** (allotropy) বলে ; এই রূপগুলি ভৌত ধর্ম ও কয়েকটি রাসায়নিক ধর্মে পৃথক হয়। মৌলের বিভিন্ন রূপগুলিকে **রূপভেদ** (allotropes বা allotropic modifications) বলা হয়। যে সব মৌলের রূপভেদ দেখা যায়, তাহাদের মধ্যে কার্বন, ফসফরাস, গন্ধক প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। নিম্নে কার্বন এবং ফসফরাসের বহুরূপতা সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইল।

কার্বনের বহুরূপতা :—কার্বনের রূপভেদগুলিকে প্রধানতঃ দুইটি ভাগে বিভক্ত করা যায়—স্ফটিকাকার (crystalline) এবং অনিয়তাকার (amorphous)। হীরক ও গ্র্যাফাইট হইল স্ফটিকাকার। অনিয়তাকার কার্বনের রূপভেদগুলি হইল কাঠকয়লা, প্রাণিজ চারকোল, কোক, ভুসা কয়লা, গ্যাস-কার্বন ইত্যাদি। কার্বনের রূপভেদগুলির মধ্যে হীরক সর্বাপেক্ষা ভারী। হীরকের স্ফটিকগুলি অষ্টকোণী বা ষট্‌কোণী হয়। হীরক সাধারণতঃ স্বচ্ছ ও উজ্জ্বল। ইহার প্রতিসরাংক অত্যন্ত অধিক (2·4) বলিয়া ইহার অভ্যন্তরে আলোক পুনঃপুনঃ পূর্ণ প্রতিফলিত হইয়া ইহার ঔজ্জ্বল্য বাড়াইয়া দেয়। হীরক কঠিনতম প্রাকৃতিক পদার্থ। এইজন্য কৃষ্ণবর্ণের হীরক (কার্বোনাডো) প্রস্তর ও কাচ কাটিবার কাজে ব্যবহৃত হয়। হীরক তাপ ও তড়িতের অপরিবাহী। ইহা রাসায়নিকভাবে নিষ্ক্রিয় ; তবে উচ্চ তাপমাত্রায় ইহা অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া CO_2 উৎপন্ন করে। গ্র্যাফাইট অত্যন্ত নরম পদার্থ। ইহার স্ফটিকগুলি ষট্‌কোণী। গ্র্যাফাইটের তাপ ও তড়িৎ পরিবহনের ক্ষমতা আছে। গ্র্যাফাইট মোটামুটিভাবে নিষ্ক্রিয় হইলেও ইহা নাইট্রিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড এবং ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে।

কাঠকে আংশিকভাবে পোড়াইয়া কাঠকয়লা উৎপন্ন করা হয়। কাঠ-কয়লার অভ্যন্তরে বায়ু থাকে বলিয়া ইহা জল অপেক্ষা ভারী হওয়া সত্ত্বেও

জলে ভাসে। ইহা তাপ ও তড়িতের অপরিবাহী। কেরোসিন, পেট্রোলিয়াম প্রভৃতি স্বল্প বাতাসে পোড়াইলে যে কালো ধোঁয়ার সৃষ্টি হয়, তাহাকে কোন শীতল পাত্রের গায়ে জমিতে দিলে ঝুল বা ভুসা কয়লা উৎপন্ন হয়। গ্যাস-কার্বন কঠিন পদার্থ। ইহা তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী।

ফসফরাসের বহুরূপতা :—ফসফরাসের রূপভেদগুলির মধ্যে শ্বেত বা পীত ফসফরাস, লোহিত ফসফরাস, কৃষ্ণ ফসফরাস, বেগুনী ফসফরাস প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। ইহাদের মধ্যে শ্বেত এবং লোহিত ফসফরাস বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। আবদ্ধ পাত্রে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের উপস্থিতিতে শ্বেত ফসফরাসকে 250°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা লোহিত ফসফরাসে পরিণত হয়। লোহিত ফসফরাসকে 550°C অপেক্ষা অধিক তাপমাত্রায় বাষ্পীভূত করিলে পুনরায় শ্বেত ফসফরাস উৎপন্ন হয়। শ্বেত ফসফরাস অনিয়তাকার এবং লোহিত ফসফরাস নিয়তাকার কঠিন পদার্থ। শ্বেত ও লোহিত ফসফরাসের গলনাঙ্ক যথাক্রমে 44°C ও 500°C – 600°C (নিষ্ক্রিয় গ্যাসে)। শ্বেত ফসফরাসে রসুনের গন্ধ আছে। শ্বেত ও লোহিত উভয় প্রকার ফসফরাসই জলে অদ্রাব্য। শ্বেত ফসফরাস কার্বন ডাইসালফাইড, বেন্‌জিন প্রভৃতি জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত হয়, কিন্তু লোহিত ফসফরাস এই সব জৈব দ্রাবকে অদ্রাব্য। শ্বেত ফসফরাস রাসায়নিকভাবে অত্যন্ত সক্রিয়। ইহা অত্যন্ত বিষাক্ত। বায়ুর অক্সিজেনের সহিত উহার মৃদু বিক্রিয়ায় সবুজাভ দীপ্তি দেখা যায়। এই দীপ্তিকে অনুপ্রভা (phosphorescence) বলে।

একাদশ অধ্যায়

কতকগুলি নিত্যব্যবহার্য রাসায়নিক পদার্থ

(Some Chemicals of Daily Use)

পাঠ্যসূচী :

নিম্নলিখিত পদার্থগুলির প্রকৃতি, উৎস এবং ব্যবহার—

কাচ, কস্টিক সোডা, কাপড় কাচা সোডা, খাদ্য লবণ, ব্লীচিং পাউডার, পোড়া চুন এবং কলিচুন, তুঁতে, অ্যামোনিয়াম সালফেট, সাবান, পেট্রোল, কেরোসিন, রেক্টিফায়েড স্পিরিট, মেথিলেটেড স্পিরিট।

খাদ্য লবণ, কাচ, চুন, কাপড় কাচা সোডা প্রভৃতি রাসায়নিক পদার্থ আমরা প্রায়ই ব্যবহার করি। বর্তমান অধ্যায়ে এইরূপ কতকগুলি নিত্য-ব্যবহার্য পদার্থ সম্বন্ধে আলোচনা করা হইবে।

X 11.1 কাচ

প্রকৃতি :—কাচ কয়েকটি যৌগের মিশ্রণ বলিয়া ইহার কোন নির্দিষ্ট সংকেত নাই। ইহার কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্কও নাই। গলিত কাচকে শীতল হইতে দিলে উহার সান্দ্রতা (viscosity) ক্রমশঃ বাড়িতে থাকে এবং সাধারণ তাপমাত্রায় উহা কঠিন পদার্থের ধর্ম লাভ করে। এইজন্য কাচকে অতিশীতলীকৃত (supercooled) তরল বলা যাইতে পারে। বস্তুতঃপক্ষে **কাচ** (glass) হইতেছে কয়েকটি ধাতব সিলিকেট লবণের স্বচ্ছ অথবা প্রায়স্বচ্ছ, অতিশীতলীকৃত, সান্দ্র, অনিয়তাকার, সমসত্ত্ব মিশ্রণ।

বাহ্যতঃ কাচ একটি নমনীয়, কঠিন পদার্থ; উত্তাপে ইহা প্রথমে নরম হয় ও পরে গলিয়া যায়। জল, বায়ু, ক্ষার, অ্যাসিড অথবা অন্য কোন রাসায়নিক পদার্থ দ্বারা ইহা সহজে ক্ষয়প্রাপ্ত হয় না।

উৎস :—কাচ তৈয়ারীর প্রধান উপাদান সিলিকা (বালি বা কোয়ার্টজ), পটাশ (K_2CO_3), সোডা (Na_2CO_3) এবং চুন (চুনাপাথর বা চক)

কতকগুলি বিশেষ কাজের উপযোগী কাচ তৈয়ারীর জন্য এই মূল উপাদান-গুলি ছাড়াও সীসা, বোরন প্রভৃতির যৌগ ব্যবহৃত হয়। উপাদান ভেদে বিভিন্ন প্রকারের কাচ প্রস্তুত হয়; যথা—সোডা লাইম কাচ (নরম কাচ), পটাশ লাইম কাচ (শক্ত কাচ), ফ্লিন্ট কাচ (পটাশ-লেড কাচ), পাইরেক্স বা তাপসহ কাচ (বোরোসিলিকেট কাচ), বোতল কাচ, রঙিন কাচ ইত্যাদি। রঙিন কাচ তৈয়ারী করিতে বিভিন্ন ধাতুর অক্সাইড অথবা লবণ ব্যবহৃত হয় (যেমন—নীল কাচ : কোবাল্ট অক্সাইড বা কিউপ্রিক অক্সাইড, লাল কাচ : কিউপ্রাস অক্সাইড, দুগ্ধশুভ্র কাচ : টিন অক্সাইড, সবুজ কাচ : ক্রোমিক অক্সাইড ইত্যাদি)। দুইটি কাচের স্তরের মধ্যে স্বচ্ছ প্লাস্টিকের আস্তরণ দিয়া একত্রে জুড়িয়া দিলে অভঙ্গুর (shatter-proof) কাচ প্রস্তুত হয়। কাচের সহিত টিন অক্সাইড, বেরিয়াম-সালফেট প্রভৃতি মিশাইয়া অস্বচ্ছ কাচ বা এনামেল প্রস্তুত করা হয়।

ব্যবহার :—আমাদের নিত্যব্যবহার্য দ্রব্যাদি হইতে শুরু করিয়া বিবিধ শিল্পে ও গবেষণাগারে কাচের ব্যাপক প্রয়োগ আছে। চুড়ি, নকল হীরার হার প্রভৃতি অলঙ্কার, খেলনা, বাসনপত্র, আয়না, দরজা-জানালা ও আসবাবপত্রে স্বচ্ছ বা রঙিন কাচের ব্যবহার রহিয়াছে। লণ্ঠন, বৈদ্যুতিক বাল্‌ব, প্রতিপ্রভ বাতি প্রভৃতি আলোক-উৎসের নির্মাণে কাচের প্রয়োগ আছে। ঔষধের শিশিবোতল, থার্মোমিটার, ইনজেকসনের সিরিঞ্জ, থার্মোফ্লাস্ক ইত্যাদি কাচনির্মিত। মোটর গাড়ি, বিমান প্রভৃতি যানবাহনে কাচের ব্যবহার আছে। চশমা এবং দূরবীক্ষণ, অণুবীক্ষণ, প্রজেকটার ইত্যাদি যন্ত্রের লেন্স নির্মাণে কাচ বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। বিজ্ঞানের গবেষণাগারে বিভিন্ন যন্ত্রপাতি নির্মাণে কাচের প্রয়োগ আছে। রাসায়নিক কারখানায় ক্ষয়রোধক হিসাবে ধাতু পাত্রের ভিতরে আস্তরণরূপে কাচ অথবা এনামেল ব্যবহৃত হয়।

11.2 কস্টিক সোডা

প্রকৃতি :—কস্টিক সোডার রাসায়নিক নাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড ($NaOH$)। ইহা একটি সাদা কঠিন পদার্থ এবং জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। ইহার জলীয় দ্রবণ পিচ্ছিল এবং তীব্র ক্ষারধর্মী। গাঢ় কস্টিক সোডার

দ্রবণ গায়ে লাগিলে দাহকারী ক্ষতের সৃষ্টি হয়। কঠিন কস্টিক সোডা তীব্র জলাকর্ষী (hygroscopic)।

উৎস :—কস্টিক সোডা প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। কাপড় কাচা সোডা (Na_2CO_3) ও চুনগোলা (milk of lime) একত্রে উত্তপ্ত করিলে অদ্রবণীয় ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) ও কস্টিক সোডা উৎপন্ন হয়। খাদ্য লবণের (NaCl) দ্রবণকে তড়িদ্‌বিশ্লেষিত করিয়াও কস্টিক সোডা উৎপাদন করা হয়।

ব্যবহার :—সোডিয়াম ধাতু ও সাবান উৎপাদনে কস্টিক সোডা প্রধানতঃ ব্যবহৃত হয়। কাগজ ও কৃত্রিম রেশম তৈয়ারী এবং সূতীবস্ত্র মার্সিরাইজ্‌ড্‌ করিতে ইহার বহুল প্রয়োগ আছে। কস্টিক সোডার সাহায্যে তৈল শোধন ও বিরঞ্জন করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম ধাতু উৎপাদনে বক্সাইট ($Al_2O_3, 3H_2O$) শোধন করিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে বিকারক (reagent) হিসাবে ইহার ব্যবহার আছে।

11.3 কাপড় কাচা সোডা

প্রকৃতি :—কাপড় কাচা সোডার (washing soda) রাসায়নিক নাম সোডিয়াম কার্বনেট। কেলাসিত অবস্থায় সোডিয়াম কার্বনেটের প্রতি অণু জলের 10 অণুর সহিত সংযুক্ত থাকে ($Na_2CO_3, 10H_2O$)। এই কেলাস বায়ুতে রাখিলে উহা হইতে জল বাহির হইয়া যায় এবং তখন উহা সাদা গুঁড়াতে পরিণত হয়। এই অবস্থায় উহার সংকেত Na_2CO_3, H_2O। সাধারণভাবে ইহাকেই আমরা কাপড় কাচা সোডা বলিয়া থাকি। ইহার জলীয় দ্রবণ পিচ্ছিল ও ক্ষারধর্মী।*

উৎস :—খনি হইতে প্রাপ্ত সাজিমাটি অপরিশুদ্ধ সোডিয়াম কার্বনেট ও সোডিয়াম বাইকার্বনেটের মিশ্রণ। ভারতে ও আফ্রিকার কয়েকটি দেশে খনিজ হিসাবে সাজিমাটি পাওয়া যায়। সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাইঅক্সাইডের বিক্রিয়ায় অথবা সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণজাত কস্টিক সোডার সহিত কার্বন ডাইঅক্সাইডের বিক্রিয়ায় সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করা হয়।

* খাওয়ার সোডা হইল সোডিয়াম বাইকার্বনেট ($NaHCO_3$)।

ব্যবহার ঃ—জামা কাপড় কাচা, বাসনপত্র পরিষ্কার করা ইত্যাদি কার্যে সোডার যথেষ্ট ব্যবহার আছে। সাবান এবং কস্টিক সোডা তৈয়ারী করিতে সোডা একটি প্রয়োজনীয় পদার্থ। কাচ তৈয়ারী করিবার জন্যও ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। সোডিয়ামের বিভিন্ন লবণ প্রস্তুত করিতে এবং পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে সোডিয়াম কার্বনেটের প্রয়োজন হয়। সোডার প্রয়োগে জলের দীর্ঘস্থায়ী খরতা (permanent hardness) দূরীভূত করা যায়।

11.4 খাদ্য লবণ

প্রকৃতি ও উৎস ঃ—খাদ্য লবণের (common salt) রাসায়নিক নাম সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl)। ইহা জলে দ্রবণীয়। সমুদ্রজলে প্রচুর পরিমাণে (প্রায় 2·6%) লবণ বর্তমান। কয়েকটি হ্রদ এবং প্রস্রবণের জলেও সোডিয়াম ক্লোরাইড থাকে। অধিকাংশ ক্ষেত্রে সমুদ্রজলকে বাষ্পীভূত করিয়া লবণ প্রস্তুত করা হয়। তবে সৈন্ধব লবণ (rock salt) খনি হইতে পাওয়া যায়। খাদ্য লবণে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড বা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড অবিশুদ্ধি হিসাবে থাকে বলিয়া ইহা উদ্গ্রাহী (deliquescent)* হয় এবং আর্দ্র বায়ুতে গলিয়া যায়। কেলাসন প্রক্রিয়ায় বিশুদ্ধিকৃত লবণ উন্মুক্ত অবস্থাতেও শুষ্ক থাকে বলিয়া হোটেল ইত্যাদিতে খাওয়ার টেবিলে এই লবণ (table salt) ব্যবহৃত হয়।

ব্যবহার ঃ—জীবনধারণের জন্য খাদ্য লবণ অত্যন্ত প্রয়োজনীয়। মাছ, মাংস ইত্যাদি পচনশীল খাদ্য সংরক্ষণেও ইহার ব্যবহার আছে। সোডিয়াম ধাতুর নিষ্কাশনে এবং কস্টিক সোডা, সোডিয়াম কার্বনেট, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ক্লোরিন প্রভৃতি উৎপাদনে ইহা একটি প্রয়োজনীয় উপাদান। হিমমিশ্র (freezing mixture) তৈয়ারী করিতে খাদ্য লবণ ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

11.5 পোড়া চুন ও কলিচুন

প্রকৃতি ও উৎস ঃ—পোড়া চুনের (quick lime) রাসায়নিক নাম ক্যালসিয়াম অক্সাইড (CaO)। চুনাপাথর এবং শামুক জাতীয় প্রাণীর কঠিন

* কতকগুলি পদার্থ বায়ু হইতে জলীয় বাষ্প শোষণ করিয়া শোষিত জলে দ্রবীভূত হয়। এই পদার্থগুলিকে উদ্গ্রাহী বলা হয়।

খোলকে প্রচুর পরিমাণে ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$) রহিয়াছে। এই পাথর বা খোলক পোড়াইলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট পোড়া চুনে পরিণত হয়। এই শুষ্ক চুন জলের সহিত বিক্রিয়ায় কলিচুন (slaked lime—ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, $Ca(OH)_2$) উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়ায় প্রভূত তাপের উদ্ভব হয়।

পোড়া চুন ও কলিচুন উভয়েই সাদা অনিয়তাকার পদার্থ। ইহারা ক্ষারধর্মী। কলিচুনকে 450°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে উহা পুনরায় পোড়া চুনে পরিণত হয়।

ব্যবহার :—ধাতু নিষ্কাশন করিতে, কাচশিল্পে এবং ক্যালসিয়াম কার্বাইড ও কলিচুন প্রস্তুত করিতে পোড়া চুন ব্যবহৃত হয়। বিশেষ ধরণের উজ্জ্বল আলোকচ্ছটা (limelight) সৃষ্টি করিতে ইহার ব্যবহার আছে। পরীক্ষাগারে শুষ্কীকরণের কাজে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

ঘরবাড়ী চুনকাম করিতে, পাকাবাড়ীর গাঁথুনীতে এবং সুরকি ও সিমেণ্ট প্রস্তুত করিতে কলিচুন প্রভূত পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ব্লীচিং পাউডার এবং সোডা লাইমের প্রস্তুতিতে কলিচুন অন্যতম উপাদান। চর্মশিল্পে ও কস্টিক সোডার উৎপাদনে কলিচুনের ব্যবহার আছে। জীবাণু ও কীটনাশক হিসাবে এবং মাটির অম্লতা দূর করিতে ইহার প্রয়োগ রহিয়াছে। পান ও চর্ব্য তামাকের (খৈনি) সহিত খাইতে এবং ঔষধেও ইহার ব্যবহার আছে।

11.6 ব্লীচিং পাউডার

প্রকৃতি ও উৎস :—ব্লীচিং পাউডারের (bleaching powder) রাসায়নিক নাম ক্যালসিয়াম ক্লোরো-হাইপোক্লোরাইট ($Ca(OCl)Cl$)। 40°C তাপমাত্রায় কলিচুনের মধ্যে ক্লোরিন গ্যাস প্রবাহিত করিয়া ইহা তৈয়ারী করা হয়। ব্লীচিং পাউডার তীব্র ঝাঁঝাল গন্ধযুক্ত সাদা চূর্ণ। লঘু অ্যাসিডের ক্রিয়ায় ব্লীচিং পাউডার হইতে ক্লোরিন নির্গত হয়। উন্মুক্ত স্থানে রাখিলে কার্বন ডাইঅক্সাইড ও জলের ক্রিয়ায় ইহা হইতে ধীরে ধীরে ক্লোরিন বাহির হইয়া যায় ও ক্যালসিয়াম কার্বনেট পড়িয়া থাকে।

ব্যবহার :—প্রধানতঃ জীবাণুনাশক ও বিরঞ্জক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। বিরঞ্জন (bleaching) করে বলিয়া ইহাকে ব্লীচিং পাউডার বলে। বিরঞ্জনের জন্য বস্ত্রাদিকে তৈলমুক্ত করিয়া প্রথমে লঘু ব্লীচিং পাউডার দ্রবণে

ও পরে লঘু অ্যাসিড দ্রবণে ডুবান হয়। উৎপন্ন ক্লোরিন প্রকৃতপক্ষে বিরঞ্জকের কাজ করে।

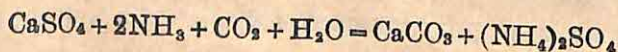
11.7 তুঁতে

প্রকৃতি ও উৎস :—তুঁতের রাসায়নিক নাম কপার সালফেট। ইহা নীলবর্ণের সোদক কেলাস ($CuSO_4, 5H_2O$)। ইহাকে নীল ভিট্রিয়ল (blue vitriol) বলা হয়। তাপ প্রয়োগে এই কেলাস হইতে জল দূরীভূত করিলে তুঁতে সাদা চূর্ণে পরিণত হয়। তামার সহিত গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের ক্রিয়ায় কপার সালফেট প্রস্তুত হয়।

ব্যবহার :—তুঁতে তড়িৎলেপনে ও কতকগুলি তড়িৎকোষে, রঞ্জন-শিল্পে, জীবাণুনাশকরূপে ও ঔষধে ব্যবহৃত হয়। অনার্দ্র কপার সালফেট কোন গ্যাস বা তরলে জলের অস্তিত্ব পরীক্ষায় ব্যবহৃত হয়। ইহা প্রাণীদের পক্ষে বিষাক্ত। তুঁতে ও কলিচুনের মিশ্রণ (Bordaux mixture) কীটনাশক হিসাবে ফল ও সব্জির বাগানে ছড়ান হয়।

11.8 অ্যামোনিয়াম সালফেট

প্রকৃতি ও উৎস :—অ্যামোনিয়াম সালফেট ($(NH_4)_2SO_4$) একটি সাদা কেলাসিত পদার্থ এবং জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের মধ্যে অ্যামোনিয়া শোষিত করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত করা হয়। জলে ভাসমান জিপসামের ($CaSO_4$) মধ্যে অ্যামোনিয়া (NH_3) ও কার্বন ডাইঅক্সাইড সঞ্চালিত করিলে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। সিন্ত্রির সার কারখানায় এই পদ্ধতিতে অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপাদিত হয়।

$$CaSO_4 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4$$

ব্যবহার :—উদ্ভিদ সহজেই মাটি হইতে দ্রবীভূত অবস্থায় এই নাইট্রোজন-ঘটিত লবণ গ্রহণ করিতে পারে বলিয়া রাসায়নিক সার হিসাবে ইহা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ফটকিরি ও অ্যামোনিয়াম-ঘটিত বিভিন্ন যৌগের প্রস্তুতিতে ইহার ব্যবহার আছে।

11.9 সাবান

প্রকৃতি ও উৎস :—তৈল বা চর্বি হইতে জাত অ্যাসিডের (স্টিয়ারিক অ্যাসিড, পামিটিক অ্যাসিড ইত্যাদি) সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণকে **সাবান** (soap) বলে। চর্বি বা তৈলকে কস্টিক সোডা বা কস্টিক পটাশ দ্রবণ সহযোগে উত্তপ্ত করিলে সাবান পাওয়া যায়। সোডিয়াম সাবান অপেক্ষা পটাসিয়াম সাবান অপেক্ষাকৃত নরম। ক্ষারবিহীন নরম সাবানের সহিত সুগন্ধি তৈল ও রঞ্জক পদার্থ মিশাইয়া গায়ে মাখা সাবান প্রস্তুত করা হয়। গ্লিসারিন-মিশ্রিত সাবানকে কোহলে দ্রবীভূত করিয়া সেই কোহলকে বাষ্পীভূত করিলে স্বচ্ছ সাবান পাওয়া যায়।

ব্যবহার :—সাবান তৈল ও জলের সংমিশ্রণে একপ্রকার স্থায়ী অবদ্রব (emulsion) সৃষ্টি করতে পারে। ইহার সহিত বায়ুর বুদবুদ মিশিয়া ফেনা হয়। জামা-কাপড় ও গাত্রত্বকের ময়লা ইহাতে মিশিয়া যায়। অতঃপর ঘর্ষণ ও জলের প্রবাহের ফলে এই ময়লা দুরীভূত হয়। এইজন্য সাবান প্রভূত পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। সাধারণভাবে সাবান জীবাণুনাশক। কার্বলিক অ্যাসিড (ফেনল) বা গন্ধক মিশ্রিত সাবান চর্মরোগ নিরাময়ের জন্য ব্যবহৃত হইয়া থাকে। রঞ্জনশিল্পেও সাবানের ব্যবহার আছে।

11.10 পেট্রোল ও কেরোসিন

প্রকৃতি ও উৎস :—মাটির নীচে প্রাপ্ত অপরিশোধিত তৈলকে পেট্রোলিয়াম বলে। অপরিশোধিত তৈলকে প্রথমে ছাঁকিয়া পরিস্রুত করা হয় ও পরে আংশিক পাতন ক্রিয়ার দ্বারা বিভিন্ন তাপমাত্রায় পেট্রোল, কেরোসিন, ডিজেল, গ্রিজ, খনিজ মোম (paraffin wax) ইত্যাদি পৃথক করা হয়। 70°C – 120°C তাপমাত্রায় যে অংশটি পাতিত হইয়া আসে, তাহাকে **পেট্রোল** (petrol) বলে। 150C° – 300°C তাপমাত্রায় পাতিত তরলটি **কেরোসিন** (kerosene)। ইহারা উভয়েই সহজদাহ্য।

ব্যবহার :—পেট্রোল সাধারণতঃ মোটর গাড়ী ও উড়োজাহাজে জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয়। জৈব দ্রাবক হিসাবে এবং রেশম ও পশমজাত বস্ত্রাদির শুষ্ক ধৌতীকরণে (dry wash) পেট্রোলের ব্যবহার আছে।

কেরোসিন মুখ্যতঃ গৃহস্থালীতে জ্বালানী হিসাবে ও আলোক উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। মশার শূককীট নিধনে জলাশয়ে ও নর্দমায় কেরোসিন

ছড়াইয়া দেওয়া হয়। কতকগুলি কীটনাশক দ্রব্য কেরোসিনে দ্রবীভূত করিয়া ব্যবহার করা হয়।

11.11 রেকৃটিফায়েড স্পিরিট ও মেথিলেটেড স্পিরিট

প্রকৃতি ও উৎস :—শর্করা ও শ্বেতসার জাতীয় বস্তু হইতে ঈষ্ট (খমির) নামক আণুবীক্ষণিক জীবের সাহায্যে সন্ধান (fermentation) প্রক্রিয়ায় প্রধানতঃ **ইথাইল কোহল** (ethyl alcohol, C_2H_5OH) উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ইথাইল কোহলের দ্রবণ হইতে পাতন প্রক্রিয়ার সাহায্যে শতকরা 95 ভাগ বিশুদ্ধ ইথাইল কোহল পাওয়া যায়। ঔষধশিল্পে ব্যবহারের উপযোগী এই 95% কোহলকে **রেকৃটিফায়েড স্পিরিট** (rectified spirit) বলা হয়। মাদক পানীয় হিসাবে যাহাতে এই রেকৃটিফায়েড স্পিরিট ব্যবহৃত না হইতে পারে, সেইজন্য ইহার সহিত অল্প পরিমাণে বিষাক্ত মিথাইল কোহল (methyl alcohol, CH_3OH) অথবা পিরিডিন (pyridine, C_5H_5N) মিশাইয়া **মেথিলেটেড স্পিরিট** (methylated spirit) প্রস্তুত করা হয়। ইহা আবগারী করমুক্ত।

রেকৃটিফায়েড ও মেথিলেটেড স্পিরিট উভয়েই বর্ণহীন, উদ্বায়ী ও সহজদাহ্য পদার্থ। রেকৃটিফায়েড স্পিরিট সুমিষ্ট গন্ধযুক্ত।

ব্যবহার :—রেকৃটিফায়েড স্পিরিট ঔষধশিল্পে আয়োডোফর্ম, ক্লোরোফর্ম, ইথার ইত্যাদি প্রস্তুত করিতে এবং জীবাণুনাশক রূপে ব্যবহৃত হয়। স্বচ্ছ সাবান, সুগন্ধি দ্রব্য প্রভৃতি প্রস্তুত করিতেও ইহার ব্যবহার আছে। রজন, লাক্ষা ইত্যাদির দ্রাবক হিসাবে ইহা ব্যবহৃত হয়। তবে আসবাবপত্র পালিশ প্রভৃতি কার্যে মেথিলেটেড স্পিরিটের ব্যবহারই বেশী। জ্বালানী হিসাবে উভয় প্রকার স্পিরিটেরই ব্যবহার আছে।

দ্বাদশ অধ্যায়

ধাতু এবং সংকর ধাতু
(Metals and Alloys)

পাঠ্যসূচী :

অ্যালুমিনিয়াম, ম্যাগনেসিয়াম, দস্তা, লৌহ, তাম্র, সীসা, পারদ—এই ধাতুগুলির উৎস, প্রাথমিক ধর্ম (বায়ু, জল, লঘু অ্যাসিড ও ক্ষারের সহিত ভৌত ও রাসায়নিক ক্রিয়া) এবং ব্যবহার ; সংকর ধাতু ও অ্যামালগাম সম্বন্ধে প্রাথমিক ধারণা।

মৌলসমূহকে প্রধানতঃ দুইটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়—ধাতু (metals) ও অধাতু (non-metals) ; যেমন স্বর্ণ, তাম্র, লৌহ, সোডিয়াম প্রভৃতি মৌলগুলি হইল ধাতু, আর হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, গন্ধক প্রভৃতি অধাতু। এই অধ্যায়ে কতকগুলি ধাতু ও সংকর ধাতু সম্বন্ধে আলোচনা করা হইবে।

পারদ, তাম্র এবং রৌপ্য, স্বর্ণ, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতু (noble metals) ব্যতীত অন্যান্য ধাতু প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় থাকে না। ধাতুগুলি যৌগ (প্রধানতঃ অক্সাইড, কার্বনেট, সিলিকেট ও সালফাইড) রূপে মাটি, পাথর, বালি ইত্যাদির সহিত মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। সাধারণভাবে এই সকল প্রাকৃতিক পদার্থকে **খনিজ পদার্থ (minerals)** বলা হয়। যদি কোন খনিজ পদার্থ কোন ধাতু নিষ্কাশনের পক্ষে অর্থনৈতিক বিচারে সুবিধাজনক হয়, তাহা হইলে সেই খনিজ উৎসকে ঐ ধাতুর **আকরিক** (ore) বলা হয়।

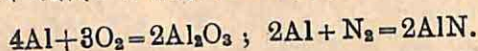
12.1 অ্যালুমিনিয়াম (Al)

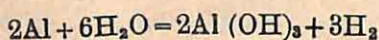
উৎস:—প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় অ্যালুমিনিয়াম (aluminium) পাওয়া যায় না। ভূগর্ভে প্রাথমিক শিলায় এবং কাদা-মাটি ও পাথরে ইহা সিলিকেটরূপে প্রচুর পরিমাণে বর্তমান থাকে। আবার ভূপৃষ্ঠেও শতকরা 7-8 ভাগ অ্যালুমিনিয়াম যৌগাকারে বর্তমান আছে। যে সকল আকরিক হইতে এই ধাতু নিষ্কাশিত হয়, তাহাদের মধ্যে বক্সাইট ($Al_2O_3,2H_2O$) প্রধান। কোরাণ্ডাম (অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড), ক্রায়োলাইট (অ্যালুমিনিয়াম-

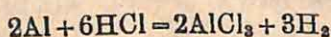
সোডিয়াম ক্লোরাইড), ফেল্‌স্‌পার, কেওলিন বা চীনা মাটি (পটাসিয়াম-অ্যালুমিনিয়াম সিলিকেট) ইত্যাদিও অ্যালুমিনিয়ামের খনিজ হিসাবে উল্লেখযোগ্য। ভারতে বিহার, মধ্যপ্রদেশ ও তামিলনাড়ুতে প্রচুর পরিমাণে বক্সাইট পাওয়া যায়।

ধর্ম :—অ্যালুমিনিয়াম একটি হাল্‌কা ও নমনীয় ধাতু। ইহা দেখিতে রূপার মত সাদা চকচকে। ইহা তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী।

বায়ু ও জলের ক্রিয়া—শুষ্ক বায়ুতে ইহার বর্ণের কোন পরিবর্তন হয় না। আর্দ্র বায়ুতে অ্যালুমিনিয়ামের সহিত বায়ুর অক্সিজেনের ক্রিয়ায় ইহার উপর অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের (Al_2O_3) একটি সূক্ষ্ম আবরণ পড়ে ; ফলে ইহা প্রত্যক্ষভাবে বায়ুর সংস্পর্শে আসিতে পারে না। অ্যালুমিনিয়াম ধাতুকে বায়ুতে পোড়াইলে ইহা উজ্জ্বল সাদা আলো সহকারে জ্বলে এবং ধাতব অক্সাইড ও নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়।

$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3 \; ; \; 2Al + N_2 = 2AlN.$$

অক্সাইডের পাতলা আবরণের জন্য বিশুদ্ধ জল অ্যালুমিনিয়ামের উপর ক্রিয়া করে না। অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ফুটন্ত জলের সহিত ক্রিয়ায় অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$2Al + 6H_2O = 2Al\,(OH)_3 + 3H_2$$

লঘু অ্যাসিড ও ক্ষারের ক্রিয়া—লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়ামকে দ্রবীভূত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত অ্যালুমিনিয়ামের বিশেষ কোন বিক্রিয়া নাই। লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড ইহাকে দ্রবীভূত করে এবং অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রেট ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।

লঘু কস্টিক সোডা (বা কস্টিক পটাশ) দ্রবণের সহিত অ্যালুমিনিয়াম উত্তপ্ত করিলে উহা দ্রবীভূত হইয়া হাইড্রোজেন ও সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) অ্যালুমিনেট উৎপন্ন করে।

$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

ব্যবহার :—অ্যালুমিনিয়াম অত্যধিক হাল্‌কা অথচ বিশেষ টানসহ (tensile) এবং ইহা জল বা বায়ুর দ্বারা ক্ষয়প্রাপ্ত হয় না বলিয়া বর্তমান কালে বহুবিধ নির্মাণকার্যে লৌহের পরিবর্তে ইহা ব্যবহার করা হয়। বিমান ও মোটর গাড়ীর কাঠামো নির্মাণে ইহা অধিক পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। রন্ধনাদি কার্যের বাসনপত্র ও সিগারেটের প্যাকেট, চকোলেট প্রভৃতি মুড়িবার চকচকে পাতলা পাত (foil) প্রস্তুতিতে অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার আছে। অপেক্ষাকৃত সুলভ ও তড়িৎ-পরিবাহিতার জন্য বৈদ্যুতিক তার ও যন্ত্রপাতি নির্মাণে তামার পরিবর্তে ইহা ব্যবহৃত হয়। তৈলের সহিত অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ মিশাইয়া লৌহদ্রব্যের মরিচা-নিরোধক রং হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

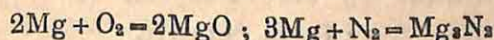
12.2 ম্যাগনেসিয়াম (Mg)

উৎস :—ম্যাগনেসিয়াম (magnesium) প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। ইহার নিম্নলিখিত খনিজগুলি উল্লেখযোগ্য—ম্যাগনেসাইট (ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট), ডলোমাইট (ম্যাগনেসিয়াম-ক্যালসিয়াম কার্বনেট), কার্নালাইট (পটাসিয়াম-ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড)। খনিজ প্রস্রবণের জলে (mineral water) ও সমুদ্রজলে সামান্য পরিমাণে ম্যাগনেসিয়ামের লবণ পাওয়া যায়। ম্যাগনেসিয়াম উদ্ভিদের সবুজ রং ক্লোরোফিলের একটি উপাদান।

ভারতে বহু স্থানে প্রচুর পরিমাণে ডলোমাইট এবং কর্ণাটক ও তামিল-নাড়ুতে ম্যাগনেসাইট পাওয়া যায়।

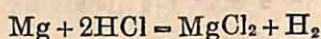
ধর্ম :—ম্যাগনেসিয়াম দেখিতে রূপার মত উজ্জ্বল সাদা। ইহা একটি হাল্‌কা, নমনীয় ও প্রসারণশীল ধাতু।

বায়ু ও জলের ক্রিয়া—শুষ্ক বায়ুতে ম্যাগনেসিয়ামের কোন পরিবর্তন হয় না। আর্দ্র বায়ুতে ইহার উপর অক্সাইডের পাতলা আবরণ পড়ে। বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ইহা উজ্জ্বল সাদা আলো বিকীর্ণ করিয়া জ্বলিতে থাকে। এই প্রক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ও সামান্য ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Mg + O_2 = 2MgO \; ; \; 3Mg + N_2 = Mg_3N_2$$

সাধারণ তাপমাত্রায় জলের সহিত ম্যাগনেসিয়ামের কোন বিক্রিয়া হয় না ; ফুটন্ত জল ও জলীয় বাষ্পের সহিত বিক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$Mg + H_2O = MgO + H_2$$

লঘু অ্যাসিড ও ক্ষারের ক্রিয়া—লঘু খনিজ অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ম্যাগনেসিয়ামের লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

লঘু ক্ষারের সহিত ম্যাগনেসিয়ামের বিক্রিয়া হয় না।

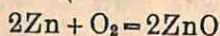
ব্যবহার :—আলোকচিত্র তুলিবার ঝলক বাতিতে (flash bulb) ও আতসবাজীতে চূর্ণাকারে ম্যাগনেসিয়ামের ব্যবহার আছে। ইহার অক্সাইড, সিলিকেট ও অন্য কয়েকটি লবণ ঔষধে ব্যবহৃত হয়। গ্রীগ্‌নার্ড বিকারক (Grignard's reagent) প্রস্তুতিতে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

12.3 দস্তা (Zn)

উৎস :—দস্তার (zinc) নিম্নলিখিত খনিজগুলি উল্লেখযোগ্য—জিংকাইট, (জিংকঅক্সাইড), ক্যালামাইন (জিংক কার্বনেট), জিংক ব্লেণ্ড (জিংক সালফাইড) ও উইলেমাইট (জিংক সিলিকেট) ইত্যাদি।

ধর্ম :—দস্তা দেখিতে নীলাভ সাদা। সাধারণ তাপমাত্রায় এবং বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহা ভঙ্গুর। 100°C – 150°C তাপমাত্রায় ইহা নমনীয় হয়। 419°C তাপমাত্রায় ইহা গলিয়া তরল হয়।

বায়ু ও জলের ক্রিয়া—শুষ্ক বায়ু সাধারণ তাপমাত্রায় দস্তার উপর কোন ক্রিয়া করে না। আর্দ্র বায়ুতে দস্তার উপর ক্ষারকীয় কার্বনেটের আস্তরণ পড়ে। বায়ুর মধ্যে যথেষ্ট উত্তপ্ত করিলে দস্তা সবুজাভ সাদা শিখা-সহকারে জ্বলে এবং তুলার ন্যায় সাদা জিংক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$2Zn + O_2 = 2ZnO$$

জলের সহিত বিশুদ্ধ দস্তার কোন বিক্রিয়া নাই। সাধারণতঃ যে অপরিশুদ্ধ দস্তা পাওয়া যায়, তাহার সহিত ফুটন্ত জল অথবা জলীয় বাষ্পের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন এবং জিংক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

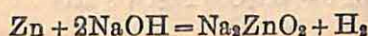
$$Zn + H_2O = ZnO + H_2$$

লঘু অ্যাসিড ও ক্ষারের ক্রিয়া—লঘু হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় দস্তা হাইড্রোজেন ও দস্তার লবণ উৎপন্ন করে।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত দস্তার বিক্রিয়ায় জিংক নাইট্রেট ($Zn(NO_3)_2$) এবং অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট (NH_4NO_3) উৎপন্ন হয়।

কস্টিক সোডা (বা কস্টিক পটাশ) দ্রবণের সহিত দস্তাকে উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন নির্গত হয় ও সোডিয়াম (বা পটাসিয়াম) জিংকেট উৎপন্ন হয়।

$$Zn + 2NaOH = Na_2ZnO_2 + H_2$$

ব্যবহার :—লৌহের মরিচা নিবারণের জন্য উহাতে দস্তার পাতলা প্রলেপ দেওয়া হয়। এই পদ্ধতিকে **"গ্যাল্‌ভানাইজেশান"** (galvanisation) বলে। ঘরের উপরে আচ্ছাদন হিসাবে ব্যবহৃত ঢেউ-খেলান টিন, কৌটা, তেলের টিন প্রভৃতি প্রকৃতপক্ষে গ্যাল্‌ভানাইজ করা লোহার পাত। পিতল, কাঁসা, জার্মান সিলভার প্রভৃতি সংকর ধাতু এবং জিংক হোয়াইট নামক সাদা রং প্রস্তুত করিতে প্রচুর পরিমাণে দস্তা ব্যবহৃত হয়। তড়িৎকোষ ও ছবি ছাপিবার ব্লক প্রস্তুত করিতেও দস্তার ব্যবহার আছে। পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করিতে এবং বিজারক হিসাবে দস্তার ছিবড়া ব্যবহৃত হয়।

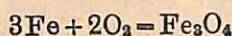
12.4 লৌহ (Fe)

উৎস :—প্রকৃতিতে লৌহ (iron) প্রধানতঃ হিমাটাইট (ফেরিক অক্সাইড), ম্যাগনেটাইট (ফেরোসোফেরিক অক্সাইড), সিডারাইট (ফেরাস কার্বনেট), আয়রন পাইরাইটিস (আয়রন সালফাইড) ইত্যাদি খনিজ হিসাবে পাওয়া যায়। ভারতে পশ্চিমবঙ্গ, উড়িষ্যা, বিহার, মধ্যপ্রদেশ ও কর্ণাটকে উৎকৃষ্ট হিমাটাইট খনিজ পাওয়া যায়।

ধর্ম :—বিশুদ্ধ লৌহ একটি সাদা উজ্জ্বল ধাতু। ইহার গলনাঙ্ক প্রায় 1500°C। ইহা প্রসারণক্ষম এবং চুম্বক কর্তৃক আকৃষ্ট হয়।

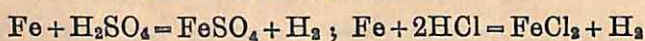
বায়ু ও জলের ক্রিয়া—শুষ্ক বায়ুতে লৌহের কোন পরিবর্তন

হয় না। কিন্তু আর্দ্র বায়ুতে ধাতুটির উপর একটি লাল আবরণ পড়ে এবং ধাতুটি ধীরে ধীরে ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। ইহাকে **মরিচা** (rust) ধরা বলে। মরিচাতে সোদক ফেরিক অক্সাইড ও সামান্য ফেরাস কার্বনেট থাকে। অত্যধিক উত্তপ্ত লৌহ অক্সিজেনের ভিতর স্ফুলিঙ্গসহকারে জ্বলিয়া উঠে এবং ফেরোসোফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$$

লোহিততপ্ত লৌহের উপর দিয়া জলীয় বাষ্প প্রবাহিত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন ও ফেরোসোফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$$

লঘু অ্যাসিড ও ক্ষারের ক্রিয়া—লঘু সালফিউরিক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লৌহ সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয় এবং উহার লবণ ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া থাকে।

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2\ ;\ Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$$

লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত লৌহের বিক্রিয়ায় ফেরাস ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট এবং নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। ক্ষারের সহিত লৌহের কোন বিক্রিয়া হয় না।

ব্যবহার :—লৌহ সর্বাপেক্ষা প্রয়োজনীয় ধাতু; যন্ত্রপাতি, কল-কারখানা, রেল, স্টীমার প্রভৃতি এই ধাতু ছাড়া নির্মিত হয় না। প্রকৃতি ও কার্বনের শতকরা উপাদান-ভেদে শিল্পজাত লৌহকে তিনটি শ্রেণীতে বিভক্ত করা যায়; যথা : কাঁচা লোহা বা ঢালাই লোহা (cast iron), পেটা লোহা (wrought iron) ও ইস্পাত (steel)। ইহাদের মধ্যে কার্বনের শতকরা ভাগ যথাক্রমে 2·2 – 4·5, 0·12 – 0·25 এবং 0·25 – 1·5। কাঁচা লোহা ভঙ্গুর অথচ শক্ত বলিয়া আলোকস্তম্ভ, রেলিং, নল প্রভৃতি ঢালাই-এর কাজে ব্যবহৃত হয়। পেটা লোহা নরম কিন্তু প্রচণ্ড ঘাতসহ বলিয়া পিটাইয়া ইহা হইতে নিত্যব্যবহার্য তৈজসপত্র, তার ইত্যাদি প্রস্তুত হয়। ইস্পাত কঠিন ও যথেষ্ট ঘাতসহ; নানাবিধ যন্ত্রপাতি, রেললাইন, ইঞ্জিন, জাহাজ, কল-কারখানা এবং অস্ত্রাদি তৈয়ারীতে ইহা ব্যবহৃত হয়। পেটা লোহা তড়িচ্চুম্বক ও ইস্পাত স্থায়ী চুম্বক প্রস্তুতিতে ব্যবহার করা হয়।

12.5 তাম্র (Cu)

উৎস :—প্রকৃতিতে তাম্র বা তামা (copper) অল্প পরিমাণে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়। ইহার আকরিকগুলির মধ্যে কপার পাইরাইটিস (কপার-আয়রন সালফাইড), কিউপ্রাইট (কিউপ্রাস অক্সাইড), কপার গ্লান্স (কিউপ্রাস সালফাইড), ম্যালাকাইট ও অ্যাজুরাইট (ক্ষারীয় কপার কার্বনেট) প্রধান। ভারতে বিহার, তামিলনাড়ু ও আসামে তামার আকরিক পাওয়া যায়।

ধর্ম :—বিশুদ্ধ তাম্র বিশিষ্ট লাল বর্ণের নমনীয় ও প্রসারণশীল ধাতু এবং তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী।

বায়ু ও জলের ক্রিয়া—শুষ্ক বায়ুর সহিত তাম্রের বিক্রিয়া হয় না। আর্দ্র বায়ুতে ইহার উপর ধীরে ধীরে সবুজ আস্তরণ (ক্ষারকীয় সালফেট ও ক্লোরাইড লবণ) পড়ে। তীব্র উত্তাপে বায়ুর অক্সিজেনের সহিত তাম্রের বিক্রিয়ায় কালো কপার অক্সাইড (কিউপ্রিক অক্সাইড) উৎপন্ন হয়।

$$2Cu + O_2 = 2CuO$$

জল ও জলীয় বাষ্পের সহিত তাম্রের কোন বিক্রিয়া নাই।

লঘু অ্যাসিড ও ক্ষারের ক্রিয়া—বায়ুর অবর্তমানে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অথবা সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত তামা বিক্রিয়া করে না। বায়ুর উপস্থিতিতে লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে ইহা ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হইয়া কপার সালফেট উৎপন্ন করে। লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত তাম্রের বিক্রিয়ায় কপার নাইট্রেট ($Cu(NO_3)_2$) ও (অ্যাসিডের গাঢ়তা অনুযায়ী) নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্ন হয়। লঘু ক্ষারে তাম্র অপরিবর্তিত থাকে।

ব্যবহার :—বৈদ্যুতিক তার ও যন্ত্রপাতি, বাষ্পপ্রবাহের নল, পাতন যন্ত্র ও বিভিন্ন তাপন পাত্র প্রস্তুত করিতে প্রচুর পরিমাণে তাম্র ব্যবহৃত হয়। তড়িৎ-লেপনে এবং বিভিন্ন ছাঁচ ও মুদ্রা প্রস্তুতিতেও তাম্র ব্যবহৃত হয়। পিতল, কাঁসা, ব্রোঞ্জ ইত্যাদি সংকর ধাতু এবং গৃহস্থালীর বাসনপত্র তৈয়ার করিতেও ইহার ব্যবহার আছে।

12.6 সীসা (Pb)

উৎস :—প্রকৃতিতে মুক্তাবস্থায় সীসা (lead) অত্যন্ত সামান্য পরিমাণে

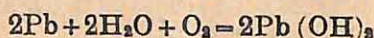
পাওয়া যায়। ইহার খনিজগুলির মধ্যে গ্যালেনা (লেড-সালফাইড), সেরুসাইট (লেড কার্বনেট) ও অ্যাঙ্গ্লেসাইট (লেড-সালফেট) প্রধান। সীসা প্রধানতঃ গ্যালেনা আকরিক হইতে নিষ্কাশিত হয়। ভারতে রাজস্থানে অত্যন্ত অল্প পরিমাণে সীসার আকরিক পাওয়া যায়।

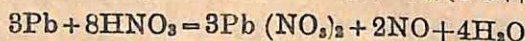
ধর্ম :—সীসা ঈষৎ নীলাভ ধূসর বর্ণের অত্যন্ত নরম ও ভারী ধাতু। ইহাকে ছুরির সাহায্যে কাটা যায়। হাতে বা কাগজে সীসা ঘষিলে পেন্সিলের ন্যায় দাগ পড়ে। ইহার গলনাঙ্ক অত্যন্ত কম (326°C)।

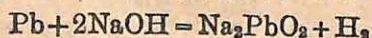
বায়ু ও জলের ক্রিয়া—আর্দ্র বায়ুতে রাখিলে সীসার উপর প্রথমে লেড অক্সাইডের ও পরে ক্ষারীয় কার্বনেটের সাদা আস্তরণ পড়ে। বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে উহা হলুদ বর্ণের লেড অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2Pb + O_2 = 2PbO$$

বায়ুর অবর্তমানে বিশুদ্ধ জলের সহিত সীসার কোন বিক্রিয়া হয় না, কিন্তু বায়ুর উপস্থিতিতে লেড হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Pb + 2H_2O + O_2 = 2Pb(OH)_2$$

লঘু অ্যাসিড ও ক্ষারের ক্রিয়া—লঘু হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড সীসার সহিত বিক্রিয়া করে না। লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় লেড নাইট্রেট ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$3Pb + 8HNO_3 = 3Pb(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

কস্টিক সোডা অথবা কস্টিক পটাশের সহিত উত্তপ্ত করিলে সীসা দ্রবীভূত হইয়া প্লাম্বাইট লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Pb + 2NaOH = Na_2PbO_2 + H_2$$

ব্যবহার :—জলের নল,* তড়িৎপরিবাহী তারের আচ্ছাদনী, ব্যাটারি, বন্দুকের গুলি, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের প্রকোষ্ঠ প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে সীসা ব্যবহৃত হয়। টাইপ মেটাল, ঝালাই ধাতু (রাং ঝাল)

---

* বায়ুর অক্সিজেন ও কার্বন ডাইঅক্সাইডের উপস্থিতিতে সীসার সহিত মৃদু জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন $Pb(OH)_2$ জলে দ্রবণীয়। ফলে মৃদু পানীয় জল সরবরাহে সীসার নল ব্যবহৃত হইলে সীসার বিষক্রিয়ার (lead poisoning) আশংকা থাকে। খর জলে বাই-কার্বনেট ও সালফেট লবণ দ্রবীভূত থাকার জন্য নলের গাত্রে সীসার অদ্রবণীয় লবণের আস্তরণ পড়ে বলিয়া সীসা আর দ্রবীভূত হইতে পারে না। এইজন্য সীসার নলে খর জল সরবরাহ করা নিরাপদ।

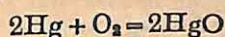
প্রভৃতি সংকর ধাতুর প্রস্তুতিতে সীসার ব্যবহার আছে। তড়িৎ-সঞ্চয়ক কোষে ব্যবহৃত পাতরূপে এবং লিথার্জ, রেডলেড ও সীসশ্বেত (white lead) প্রভৃতি উৎপাদনে সীসা ব্যবহৃত হয়।

X 12.7 পারদ (Hg)

উৎস :—পারদ (mercury) মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে অল্প পরিমাণে পাওয়া যায়। ইহার প্রধান আকরিক সিনাবার (মারকিউরিক সালফাইড)। ভারতে পারদের কোন উল্লেখযোগ্য উৎসের সন্ধান পাওয়া যায় নাই।

ধর্ম :—পারদ একটি রজতশুভ্র, ভারী ও একমাত্র তরল ধাতু।

বায়ু ও জলের ক্রিয়া—সাধারণ তাপমাত্রায় পারদের উপর শুষ্ক বা আর্দ্র বায়ুর কোন ক্রিয়া নাই। বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ইহা ধীরে ধীরে লাল মারকিউরিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$2Hg + O_2 = 2HgO$$

কোন তাপমাত্রাতেই জলের সহিত পারদ বিক্রিয়া করে না।

লঘু অ্যাসিড ও ক্ষারের ক্রিয়া—লঘু সালফিউরিক ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত পারদের বিক্রিয়া হয় না। লঘু নাইট্রিক অ্যাসিড পারদের সহিত বিক্রিয়ায় মারকিউরাস নাইট্রেট ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। ক্ষারের সহিত পারদের কোন বিক্রিয়া নাই।

ব্যবহার :—অত্যন্ত ভারী ও তাপ-পরিবাহী বলিয়া চাপমান ও তাপমান যন্ত্রে ইহা ব্যবহৃত হয়। ইহার তড়িৎ-পরিবাহিতা ও প্রসারণশীলতার জন্য তাপনিয়ন্ত্রক যন্ত্রে ও বৈদ্যুতিক সুইচে ইহা ব্যবহৃত হয়। আয়নার পিছনের প্রলেপে পারদ থাকে। শুষ্ক অবস্থায় গ্যাস সংগ্রহ করিতে ইহার ব্যবহার আছে। মকরধ্বজ ও সিন্দুর প্রস্তুতিতেও পারদ ব্যবহৃত হয়।

12.8 সংকর ধাতু ও অ্যামালগাম X

দুই বা ততোধিক ধাতু বিভিন্ন পরিমাণে মিশাইয়া গলাইলে যে মিশ্র ধাতু পাওয়া যায়, তাহাকে **সংকর ধাতু** (alloy) বলে। বিশেষ বিশেষ ধাতুর সঙ্গে অপর কোন ধাতু উপযুক্ত পরিমাণে মিশাইলে উৎপন্ন সংকর ধাতুটি ব্যবহারের উপযোগী বিশেষ গুণসম্পন্ন হইয়া থাকে। নিত্য প্রয়োজনীয় সংকর ধাতুগুলির মধ্যে পিতল, কাঁসা ও জার্মান সিলভার

প্রধান। থালা, বাসন, কলসী, কাঁটা-চামচ প্রভৃতি তৈজসপত্র প্রস্তুত করিতে এই সকল সংকর ধাতুর যথেষ্ট ব্যবহার আছে।

শতকরা 70 ভাগ তামার সঙ্গে 30 ভাগ দস্তা মিশাইয়া **পিতল** (brass) তৈয়ারী হয়। আবার শতকরা 80 ভাগ তামা ও 20 ভাগ টিন ধাতুর সংমিশ্রণে প্রস্তুত হয় **কাঁসা**। কাঁসার পাত্রে আঘাত করিলে জোরাল শব্দ হয় বলিয়া এই সংকর ধাতু দিয়া সাধারণতঃ ঘণ্টা তৈয়ারী হয়; এইজন্য কাঁসাকে ইংরাজীতে বলে **বেল-মেটাল** (bell-metal) অর্থাৎ ঘণ্টা-ধাতু। তামা, দস্তা ও নিকেল ধাতুর (যথাক্রমে 55, 25 ও 20 ভাগ) মিশ্রণে যে সংকর ধাতু প্রস্তুত হয়, তাহা রূপার মত চক্চকে সাদা বলিয়া **জার্মান সিলভার** নামে পরিচিত। ব্রোঞ্জ (তামা ও টিন), রাং-ঝাল সীসা ও টিন) ছাপার অক্ষরে ব্যবহৃত ধাতু বা টাইপ মেটাল (সীসা, টিন ও অ্যান্টিমনি), ডুরালুমিন (অ্যালুমিনিয়াম, তামা, ম্যাগনেসিয়াম ও ম্যাঙ্গানীজ), ম্যাগনেলিয়াম (অ্যালুমিনিয়াম ও ম্যাঙ্গানীজ) প্রভৃতি বহুল ব্যবহৃত সংকর ধাতুগুলির মধ্যে উল্লেখযোগ্য।

ইস্পাতের সহিত অল্প পরিমাণে ক্রোমিয়াম, নিকেল, ম্যাঙ্গানীজ, টাংস্টেন, সিলিকন প্রভৃতি মিশ্রিত করিয়া বিভিন্ন কার্যের উপযোগী সংকর ইস্পাত (alloy steel) প্রস্তুত করা হয়। ইহাদের মধ্যে **অকলঙ্ক ইস্পাত** (stainless steel) আমাদের অতি পরিচিত। ইহাতে ইস্পাতের সহিত 10-15% ক্রোমিয়াম থাকে। বাসনপত্র, অস্ত্রোপচারের ছুরি, কাঁচি ইত্যাদি এবং রাসায়নিক কারখানার যন্ত্রপাতি নির্মাণে ইহা ব্যবহৃত হয়।

সংকর ধাতুর একটি উপাদান পারদ হইলে তাহাকে পারদ সংকর বা **অ্যামালগাম** (amalgam) বলে। সোডিয়াম অ্যামালগাম বিজারণ কার্যে, টিন অ্যামালগাম আয়নার প্রলেপে এবং রূপার অ্যামালগাম দাঁতের গর্ত পূর্ণ করিতে ব্যবহৃত হয়।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

জৈব রসায়ন
(Organic Chemistry)

পাঠ্যসূচী :

(ক) জৈব যৌগসমূহ—ব্যাপকতা ও বৈচিত্র্য ; জৈবিক ক্রিয়ায় ইহাদের ভূমিকা ; জৈব যৌগসমূহের প্রকৃতি ও প্রাথমিক শ্রেণীবিভাগ; কার্বনের যৌগসমূহে বন্ধনের স্বরূপ ; অজৈব যৌগসমূহ হইতে ইহাদের পার্থক্য।
(খ) নিম্নলিখিত যৌগগুলির উৎস ও ব্যবহার (প্রস্তুতি ও ধর্ম ব্যতিরেকে) : মিথেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, ক্লোরোফর্ম, ইথাইল কোহল, ভিনিগার, গ্লিসারল, গ্লুকোজ, ইউরিয়া, বেন্‌জিন, ফেনল ও গ্যাপথালিন।

13.1 জেব রসায়ন

অতি প্রাচীন কাল হইতেই মানুষ তৈল, চর্বি, চিনি, আঠা, রজন, সুগন্ধি প্রভৃতি বস্তুর ব্যবহার জানিত। দধি, সুরা, ভিনিগার বা সিরকা এবং কতকগুলি উদ্ভিজ্জ রং প্রস্তুতির ইতিহাসও বহুদিনের। এই পদার্থগুলি প্রাণী বা উদ্ভিদ অর্থাৎ জীবজগৎ হইতে পাওয়া যাইত বলিয়া ইহাদিগকে **জৈব পদার্থ** (organic substances) বলা হইত। অপর পক্ষে অ্যাসিড, ক্ষার, চুন, লবণ, ফটকিরি, সোরা ইত্যাদি পদার্থ জড় বস্তু হইতে পাওয়া যাইত বলিয়া ইহাদিগকে **অজৈব পদার্থ** (inorganic substances) বলা হইত। পূর্বে ধারণা ছিল যে, জৈব পদার্থগুলি কোন অজ্ঞাত প্রাণশক্তির (Vital Force) প্রভাবে কেবলমাত্র জীবদেহেই উৎপন্ন হইতে পারে।

1828 খৃষ্টাব্দে ভোহ্‌লার অজৈব পদার্থ অ্যামোনিয়াম সায়ানেট (NH_4CNO) হইতে ইউরিয়া নামক জৈব পদার্থ প্রস্তুত করেন (তৎপূর্বে কেবলমাত্র প্রাণীদের মূত্র হইতেই ইহা প্রস্তুত করা যাইত)। এই ঘটনার ফলে 'প্রাণশক্তির প্রভাব ব্যতীত জৈব পদার্থ সৃষ্ট হইতে পারে না' —এই মতবাদের মূলে কুঠারাঘাত হইল। ইহার পর হইতে পরীক্ষাগারে বহু জৈব যৌগ প্রস্তুত ও তাহাদের রাসায়নিক স্বরূপ উদ্ঘাটিত হইতে

লাগিল। সকল জৈব যৌগের মধ্যেই কার্বন রহিয়াছে। কার্বনের যৌগগুলির সংখ্যা, জটিলতা ও কতকগুলি বৈশিষ্ট্যের জন্য রসায়নের একটি বিশেষ শাখায় ইহাদিগকে স্থান দেওয়া হয় এবং **বর্তমানে জৈব রসায়ন বলিতে কার্বন যৌগের রসায়ন (chemistry of carbon compounds) বুঝায়।**

13.2 জৈব যৌগসমূহের ব্যাপকতা ও বৈচিত্র্য

জৈব যৌগসমূহের সংখ্যা ও বৈচিত্র্য বিস্ময়কর। কেবল প্রকৃতিতেই যে বহুবিধ জৈব যৌগের উৎপত্তি হইয়াছে, তাহা নয়; মানুষও নিজের প্রয়োজন অনুযায়ী গবেষণাগারে বহু জৈব যৌগ কৃত্রিমভাবে সৃষ্টি করিয়াছে। উদাহরণ হিসাবে এইরূপ কয়েক প্রকার জৈব পদার্থ নিম্নে উল্লেখিত হইল, যেগুলিতে এক বা একাধিক জৈব যৌগ আছে :—

(i) চিনি বা শর্করা, শ্বেতসার, প্রোটিন, স্নেহজাতীয় পদার্থ, ভিটামিন প্রভৃতি আমাদের খাদ্যের উপাদান।

(ii) পাতার সবুজ রং (ক্লোরোফিল), বিচিত্র বর্ণের ফুলে এবং পাখী ও প্রজাপতির পাখায় বর্তমান রঞ্জক পদার্থসমূহ।

(iii) সাবান, ক্রীম, সুগন্ধি প্রভৃতি প্রসাধনদ্রব্য।

(iv) পরিধেয় বস্ত্রের জন্য ব্যবহৃত রেশম, পশম, কার্পাস, পাট-শন জাতীয় তন্তু ইত্যাদি।

(v) লিখিবার কাগজ, কাঠ, কয়লা, প্রাকৃতিক ও কৃত্রিম রবার ইত্যাদি।

(vi) আলকাতরা হইতে প্রস্তুত বেন্‌জিন, ন্যাপথালিন, ফেনল ইত্যাদি, প্রাকৃতিক জ্বালানী গ্যাসে বর্তমান মিথেন, ইথেন প্রভৃতি গ্যাস, তরল পেট্রোলিয়ামে বর্তমান কেরোসিন, পেট্রোল ও অন্যান্য অংশ।

(vii) কৃত্রিম উপায়ে প্রস্তুত পলিথিন, নাইলন, টেরিলিন, প্লাস্টিক ইত্যাদি।

(viii) কুইনিন, অ্যাসপিরিন, পেনিসিলিন প্রভৃতি ঔষধ, ক্লোরোফর্ম, কোকেন প্রভৃতি চেতনানাশক পদার্থ, ডি-ডি-টি, গ্যামাক্সিন ইত্যাদি কীটনাশক দ্রব্য।

জৈব যৌগসমূহ যে কত বিচিত্র ধর্মবিশিষ্ট হইতে পারে, তাহা

উপরিউক্ত উদাহরণগুলি হইতে কিছুটা বুঝিতে পারা যায়। চিনি স্বাদে মিষ্ট, অন্যপক্ষে কুইনিন অতি তিক্ত। ডি-ডি-টি, গ্যামাক্সিন প্রভৃতি দ্রব্য বিষাক্ত, আবার প্রোটিন, ভিটামিন ইত্যাদি আমাদের দেহের পক্ষে অত্যন্ত প্রয়োজনীয়।

13.3 জৈবিক ক্রিয়ায় কার্বন যৌগসমূহের ভূমিকা

সকল জীবদেহের মূল উপাদান হইতেছে কার্বনের যৌগ বা জৈব যৌগ। যে-কোন জীবের জন্ম, বৃদ্ধি, পুষ্টি, চলন, বংশবৃদ্ধি প্রভৃতি প্রতিটি জৈবিক ক্রিয়াতেই অনেকগুলি জৈব যৌগের ভূমিকা রহিয়াছে।

আমাদের দেহের পুষ্টির জন্য প্রয়োজনীয় আহার্যের প্রধান তিন প্রকার উপাদান—প্রোটিন বা আমিষজাতীয়, স্নেহজাতীয় ও শ্বেতসার জাতীয়—ইহারা সকলেই জটিল জৈব যৌগের সমষ্টি। ভিটামিন বা খাদ্যপ্রাণগুলিও জৈব যৌগ। দেহে বিপাকের ফলে খাদ্যবস্তু প্রথমে কতকগুলি সরল জৈব যৌগে পরিণত হয়। এই সরল যৌগগুলির কতকগুলি আবার মিলিত হইয়া দেহের অংশবিশেষ বৃদ্ধির উপযোগী উপাদান গঠন করে। আবার কিছু অংশ দেহে সম্পূর্ণ দহনের ফলে কার্বন ডাইঅক্সাইড ও জল এবং সেই সঙ্গে জীবনের পক্ষে প্রয়োজনীয় শক্তি উৎপন্ন করে। বাঁচিবার উপযোগী তাপশক্তি ছাড়াও আমাদের গমনাগমন ও পেশী সঞ্চালনের জন্য প্রয়োজনীয় শক্তি রাসায়নিক স্থিতিশক্তি হিসাবে দেহে সঞ্চিত থাকে। এই স্থিতিশক্তি সঞ্চিত থাকে একটি জৈব যৌগের মধ্যে; এই যৌগের নাম অ্যাডেনোসিন ট্রাইফসফেট (সংক্ষেপে ATP)। জোনাকি পোকার আলো ও বৈদ্যুতিক বানমাছের (electric eel) তড়িৎ-শক্তির মূলেও থাকে ATP।

শ্বাসকার্যের সময় অক্সিজেন যে হিমোগ্লোবিনের সাহায্যে ফুসফুস হইতে দেহের প্রতিটি কোষে বাহিত হয়, তাহা একটি প্রোটিনজাতীয় যৌগ। জীবদেহে অসংখ্য রাসায়নিক ক্রিয়া-বিক্রিয়া সর্বদাই চলিতেছে। এই বিক্রিয়াগুলি কতকগুলি জৈব অনুঘটক বা এন্‌জাইমের সাহায্যে ঘটিয়া থাকে। এই এন্‌জাইমগুলি প্রোটিনজাতীয় যৌগ। এই জটিল ও বৃহদাকার প্রোটিন অণুগুলি বিশ প্রকার অপেক্ষাকৃত সরল জৈব অণু অ্যামিনো অ্যাসিডের সমন্বয়ে গঠিত। আমাদের দেহে প্রোটিনজাতীয় খাদ্যের বিপাকের ফলে নাইট্রোজেন-ঘটিত বর্জ্য দ্রব্য (waste product) প্রথমে

অ্যামোনিয়া হিসাবে উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়া ক্ষারধর্মী ও বিষাক্ত। এই অ্যামোনিয়া মানবদেহে জৈব যৌগ ইউরিয়াতে পরিবর্তিত হইয়া রেচনতন্ত্রের মাধ্যমে মূত্রের সহিত পরিত্যক্ত হয়।

জীবনের অন্যতম উল্লেখযোগ্য লক্ষণ হইল বংশবৃদ্ধি বা প্রজনন। একটি জীবকোষ হইতে অনুরূপ জীবকোষের জন্ম বা একটি জীব হইতে অনুরূপ জীবের জন্ম হয়। এই ভাবে যে বংশধারা বহিয়া চলে, সেই বংশধারার ধারক ও বাহক যে মূলবস্তু বা জিন (gene) তাহা নিউক্লিক অ্যাসিড নামক এক প্রকার জটিল যৌগ। ডিঅক্সিরিবোনিউক্লিক অ্যাসিড (সংক্ষেপে DNA) ও রিবোনিউক্লিক অ্যাসিড (সংক্ষেপে RNA) নামে দুই প্রকারের নিউক্লিক অ্যাসিড জীবনের ধারাকে অক্ষুণ্ণ রাখে। DNA-র মধ্যস্থ সংকেত অনুসারেই এনজাইম প্রোটিন তৈয়ারী হয়।* অতএব বুঝা যাইতেছে যে, সকল প্রকার জৈবিক ক্রিয়ার ক্ষেত্রেই জৈব যৌগের ভূমিকা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ।

13.4 জৈব যৌগসমূহের প্রকৃতি ও শ্রেণীবিভাগ

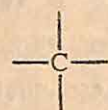
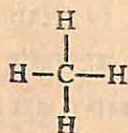
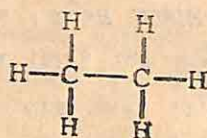
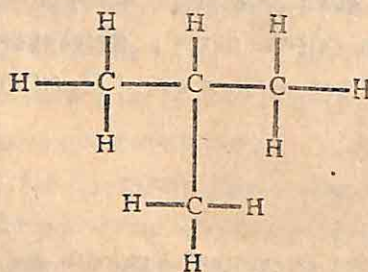
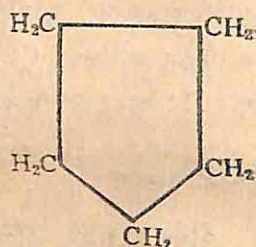
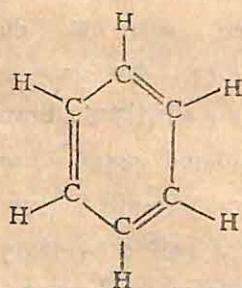
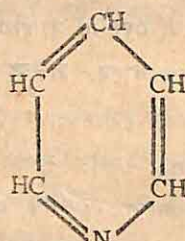
প্রকৃতি

জৈব যৌগসমূহ বা আধুনিক অর্থে কার্বনের যৌগসমূহের প্রকৃতিতে কতকগুলি বৈশিষ্ট্য আছে। ইহাদের অধিকাংশই রসায়নাগারে প্রস্তুত হইয়াছে। খনিজ কয়লা, আলকাতরা, পেট্রোলিয়াম, প্রাকৃতিক গ্যাস প্রভৃতি হইতে কয়েকটি যৌগ প্রচুর পরিমাণে উৎপন্ন হয়। অবশিষ্ট যৌগগুলি আসিয়াছে উদ্ভিদ হইতে (যেমন শ্বেতসার, শর্করা, তৈল, রজন, উপক্ষার, উদ্ভিজ্জ রঞ্জক প্রভৃতি), প্রাণী হইতে (যেমন কতকগুলি প্রোটিন, চর্বি, হর্মোন ইত্যাদি) অথবা আণুবীক্ষণিক জীব (microbes) হইতে বা তাহাদের ক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন অন্য জৈব পদার্থ হইতে (যেমন পেনিসিলিন, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, কোহল প্রভৃতি)। অধিকাংশ জৈব যৌগই কার্বনের সহিত অন্য কয়েকটি মাত্র মৌলের সংযোগে গঠিত ; ইহারা হইল হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও কোন-কোন ক্ষেত্রে নাইট্রোজেন, গন্ধক ও ফসফরাস। এই যৌগগুলির বেশীর ভাগই জলে অদ্রবণীয় এবং কোহল, বেন্‌জিন প্রভৃতি

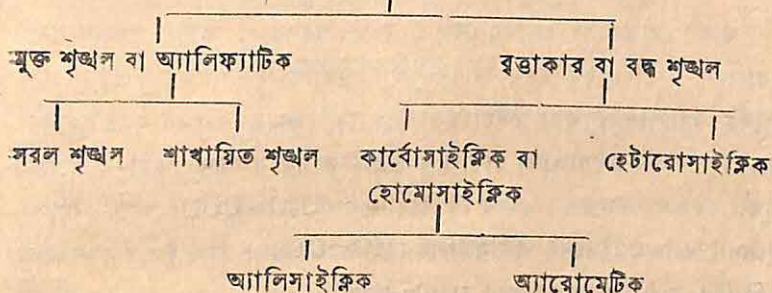
* প্রসঙ্গত: উল্লেখ্য, এই জিন-সংকেতের (genetic code) রহস্য উদ্ঘাটনের জন্যই 1968 খৃষ্টাব্দে হরগোবিন্দ খোরানাকে নোবেল পুরস্কারে ভূষিত করা হয়।

জৈব দ্রাবকে দ্রবণীয়। অধিকাংশ জৈব যৌগগুলিই দাহ্য ও অল্প তাপে গলনশীল এবং ইহারা অধিকতর তাপমাত্রায় বিয়োজিত হয়। ইহারা সমযোজী পদার্থ, তড়িতের অপরিবাহী এবং জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয় না, অর্থাৎ তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য (non-electrolyte)। যে ক্ষেত্রে জৈব যৌগ জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয়, সেই ক্ষেত্রেও কিন্তু কার্বন পরমাণু কখনই আয়নিত হয় না, আয়নিত হয় অন্য মৌলের পরমাণু। উদাহরণস্বরূপ, অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) জলে আয়নিত হইয়া CH_3COO^- এবং H^+ আয়ন উৎপন্ন করে।

শ্রেণীবিভাগ

কার্বন পরমাণুর প্রধান বৈশিষ্ট্য হইল এই যে, পরপর অনেকগুলি কার্বন পরমাণু যুক্ত হইয়া **কার্বন শৃঙ্খল** (carbon chain) গঠন করিতে পারে। 1858 খৃষ্টাব্দে কেকুলে কার্বন বন্ধনের (carbon linkage) এই তত্ত্বের প্রবর্তন করেন। এই শৃঙ্খল **মুক্ত** (open) অথবা **বদ্ধ** (closed) বা **বৃত্তাকার** (cyclic বা ring) হইতে পারে। মুক্ত শৃঙ্খল আবার দুই প্রকার হইতে পারে—**সরল** (straight) ও **শাখান্বিত** (branched)। কার্বনের একটি যোজ্যতা বন্ধকে (valence bond) রেখা (—) দ্বারা প্রকাশ করিয়া বিভিন্ন প্রকার শৃঙ্খল দ্বারা সংযুক্ত কতকগুলি যৌগের উদাহরণ (13.1 নং চিত্রে) প্রদর্শিত হইল। মিথেনে একটি কার্বন পরমাণু, ইথেনে দুইটি কার্বনের সরল শৃঙ্খল এবং আইসোবিউটেনে চারটি কার্বনের শাখান্বিত শৃঙ্খল আছে। সাইক্লোপেন্টেনে আছে পাঁচটি কার্বনের বদ্ধ শৃঙ্খল বা বৃত্ত। বেন্‌জিনে আছে ছয়টি কার্বনের বৃত্তাকার শৃঙ্খল। কিন্তু লক্ষ্য করিবার বিষয় যে, বেন্‌জিনের কার্বনগুলি একাদিক্রমে একবন্ধ (single bond) ও দ্বিবন্ধ (double bond) দ্বারা যুক্ত। বৃত্তাকার শৃঙ্খল শুধু কার্বন পরমাণু দিয়া তৈয়ারী হইতে পারে অথবা কার্বন ও অন্য মৌলের পরমাণু মিলিয়াও হইতে পারে ; যেমন পিরিডিনে আছে পাঁচটি কার্বন ও একটি নাইট্রোজেন পরমাণু বৃত্তাকার শৃঙ্খল (13.1 নং চিত্র দ্রষ্টব্য)। এইভাবে শৃঙ্খলের গঠন অনুসারে কার্বন যৌগগুলির যে শ্রেণীবিভাগ করা যায়, তাহা 141 পৃষ্ঠায় একটি ছকের আকারে দেখান হইল।

কার্বন পরমাণু

মিথেন

ইথেন

আইসোবিউটেন

সাইক্লোপেন্টেন

বেন্‌জিন

পিরিডিন

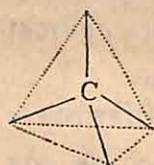
13.1 নং চিত্র—কয়েকটি জৈব যৌগের গঠন-সংকেত

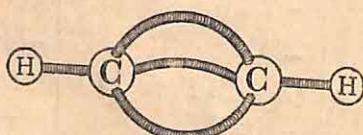
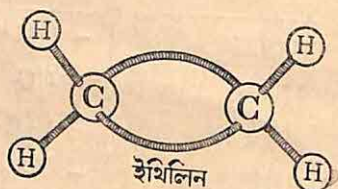
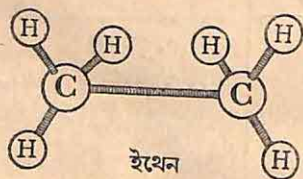
মুক্ত শৃঙ্খল যৌগগুলিকে **অ্যালিফ্যাটিক** (aliphatic) যৌগ বলা হয় ; কারণ স্নেহজাতীয় পদার্থের (fat) মধ্যে এইরূপ বহু শৃঙ্খল দেখা যায়। যে যৌগগুলিতে বৃত্তাকার শৃঙ্খল কেবলমাত্র কার্বন পরমাণু দ্বারা গঠিত, তাহাদিগকে **কার্বোসাইক্লিক** (carbocylic) বা **হোমোসাইক্লিক** (homocyclic) যৌগ বলে। ইহাদের মধ্যে আবার বেন্‌জিনের গঠন-কাঠামো থাকিলে সেই যৌগগুলিকে **অ্যারোমেটিক** (aromatic) যৌগ বলে, কারণ ইহাদের সকলেরই বিশেষ গন্ধ (aroma) আছে। বেন্‌জিনের অনুরূপ গঠন ব্যতীত অন্য কার্বোসাইক্লিক যৌগগুলিকে

অ্যালিসাইক্লিক (**alicyclic**) যৌগ বলা হয়। বৃত্তাকার শৃঙ্খলে কার্বন ছাড়াও অন্য মৌলের পরমাণু (O, S বা N) থাকিলে সেগুলিকে **হেটারো সাইক্লিক** (**heterocyclic**) যৌগ বলে।

কার্যকরী মূলক অনুসারে জৈব যৌগের শ্রেণীবিভাগ :— কার্বনের যৌগসমূহের একটি গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য হইল যে, সমধর্মী বহু যৌগ মিলিয়া এক একটি **সমগোত্রীয় শ্রেণী** (homologous series) গঠন করিতে পারে। ঐরূপ প্রতিটি শ্রেণীর যৌগসমূহের মধ্যে একটি বিশিষ্ট **কার্যকরী মূলক** (**functional group**) বর্তমান থাকে ; ইহার জন্য ঐ শ্রেণীর সমস্ত যৌগের রাসায়নিক ধর্ম একই প্রকারের হয়। কতকগুলি কার্যকরী মূলক ও তদনুসারে যৌগশ্রেণীর নাম দেওয়া হইল :

কার্যকরী মূলক		যৌগশ্রেণীর নাম
নাম	সংকেত	
হাইড্রক্সিল	$-OH$	কোহল, ফেনল
কার্বনিল	$-CO$	অ্যালডিহাইড ও কিটোন
কার্বক্সিল	$-COOH$	কার্বক্সিলিক অ্যাসিড
নাইট্রো	$-NO_2$	নাইট্রো
অ্যামিনো	$-NH_2$	অ্যামিন
হ্যালাইড	$-X$ ($X = Cl, F, Br, I$)	হ্যালাইড
সায়ানো	$-C \equiv N$	সায়ানাইড, নাইট্রাইল
সালফোনিক	$-SO_3H$	সালফোনিক অ্যাসিড
ইথার	$-O-$	ইথার

13.5 কার্বনের যৌগসমূহে বন্ধনের বৈশিষ্ট্য

কার্বন যৌগসমূহে বন্ধনের বৈশিষ্ট্য হইল, পরপর বহু কার্বন পরমাণু সমযোজ্যতা দ্বারা সংযুক্ত হইয়া কার্বন শৃঙ্খল গঠন করিতে পারে। এই বিষয়ে পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে। আবার, শৃঙ্খল গঠনের সময় কার্বন পরমাণু একাধিক যোজ্যতা দ্বারা অন্য একটি কার্বন বা অন্য পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে; যেমন: ইথিলিনে ($H_2C=CH_2$) আছে দ্বিবন্ধ (double bond) এবং অ্যাসিটিলিন ($HC\equiv CH$) ও মিথাইল সায়ানাইডে ($H_3C\text{-}C\equiv N$) আছে ত্রিবন্ধ (triple bond)।

13.2 নং চিত্র—কার্বনের যোজ্যতা-বন্ধের চতুস্তলকীয় বিন্যাস

কার্বনের চারটি যোজ্যতা-বন্ধ একসমতলে অবস্থিত নয়। একটি সুষম চতুস্তলকের (regular tetrahedron) কেন্দ্রস্থলে কার্বন পরমাণুকে অবস্থিত ধরিলে উহার চারটি বন্ধ তাহার চার কোণের অভিমুখী হইবে (13.2 নং চিত্র)। অতএব তিন বা ততোধিক কার্বন পরমাণু মিলিয়া গঠিত শৃঙ্খলে কার্বন পরমাণুগুলি ঠিক সরলরেখায় থাকিবে না। লিখিবার সুবিধার জন্য চারটি বন্ধকে এক সমতলে (কাগজে) এবং মুক্ত শৃঙ্খলগুলিকে সরলরেখায় লেখা হয়। কার্বন বন্ধনের এই বৈশিষ্ট্য হইতে আরও লক্ষ্য করা যায় যে, দুইটি কার্বনের মধ্যে দ্বিবন্ধ থাকিলে এই সংযোগ একবন্ধ অপেক্ষা অস্থায়ী এবং ত্রিবন্ধযুক্ত

13.3 নং চিত্র—একবন্ধ-, দ্বিবন্ধ- ও ত্রিবন্ধ-যুক্ত যৌগের গঠন

যৌগ আরও অস্থায়ী। এই কারণেই ইথেন অপেক্ষা ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের (13.3 নং চিত্র) রাসায়নিক ক্রিয়াশীলতা অধিক।

13.6 অজৈব যৌগসমূহ ও জৈব যৌগসমূহের পার্থক্য

কার্বনের যৌগসমূহের জন্য রসায়নের একটি সম্পূর্ণ শাখা নির্দিষ্ট করিবার কারণ—অজৈব যৌগসমূহ হইতে ইহাদের কতকগুলি পার্থক্য :

(i) জৈব যৌগসমূহের সংখ্যা, বৈচিত্র্য ও জটিলতা অজৈব যৌগসমূহের তুলনায় অত্যন্ত বেশী ; বর্তমানে আবিষ্কৃত জৈব যৌগের সংখ্যা দশ লক্ষাধিক হইলেও কার্বন ব্যতীত অন্যান্য মৌলগুলির যৌগসমূহের মিলিত সংখ্যা এক লক্ষ অপেক্ষাও কম।

*(ii) জৈব যৌগসমূহের মধ্যে কতকগুলি সমগোত্রীয় শ্রেণী আছে ; যেমন, কোহল শ্রেণীর সকল যৌগই প্রায় সমধর্মী। অজৈব যৌগের এইরূপ সমগোত্রীয় শ্রেণী নাই।

(iii) জৈব যৌগের গঠন অত্যন্ত জটিল। শুধু C, H, O—এই তিনটি মৌলের পরমাণুর সংযোগে কয়েক লক্ষ যৌগ গঠিত হইতে পারে। কোন কোন জৈব যৌগের অণুতে হাজার হাজার পরমাণুও থাকিতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, স্টার্চ ও নিউক্লিক অ্যাসিড অণুর আণবিক গুরুত্ব কয়েক লক্ষ হইতে কয়েক কোটি পর্যন্ত হইয়া থাকে। তুলনামূলকভাবে, অজৈব যৌগের গঠন অত্যন্ত সরল এবং উহাদের অণুতে অল্পসংখ্যক পরমাণু থাকে।

(iv) একই আণবিক সংকেত দ্বারা বহুবিধ জৈব যৌগ গঠিত হইতে পারে। উদাহরণস্বরূপ, $C_{10}H_{22}O$ দ্বারা 507টি বিভিন্ন যৌগকে বুঝান যাইতে পারে ; ইহার কারণ—কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরমাণুগুলির এক-একরকম বিন্যাসের জন্য এক-একটি যৌগ গঠিত হয়। অজৈব যৌগের ক্ষেত্রে সাধারণতঃ এইরূপ হয় না।

*(v) অধিকাংশ জৈব যৌগ সাধারণতঃ সমযোজী, তড়িৎ-অবিশ্লেষ্য, জলে অদ্রবণীয় কিন্তু জৈব দ্রাবকে দ্রবণীয়। পক্ষান্তরে, অজৈব যৌগগুলি সাধারণতঃ তড়িদ্‌যোজী, তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য এবং জলে দ্রবণীয়।

*(vi) জৈব যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক অপেক্ষাকৃত কম ; অধিকাংশ যৌগই উচ্চতাপে বিয়োজিত হইয়া যায়। অজৈব যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক প্রায়শঃ বেশী হয় এবং অধিকাংশই উচ্চতাপে অবিকৃত থাকে।

*(vii) জৈব যৌগের তুলনায় অজৈব যৌগের রাসায়নিক বিক্রিয়া দ্রুততর সম্পন্ন হয়।

(viii) জৈব যৌগে কার্বন পরমাণুগুলি পরপর শৃঙ্খলাকারে যুক্ত হইতে পারে। অজৈব রসায়নে একই মৌলের বহু পরমাণু এইরূপ শৃঙ্খলের মাধ্যমে যুক্ত হইতে পারে না। একমাত্র ব্যতিক্রম সিলিকন। কিন্তু ইহাও কার্বনের মত এত সহজে শৃঙ্খল গঠন করে না।

13.7 কয়েকটি সাধারণ জৈব যৌগ

21.9.79
V.V.

মিথেন (CH_4)

উৎস :—কয়লার খনিতে মিথেন গ্যাস থাকে। পেট্রোলিয়াম খনি হইতে প্রাপ্ত প্রাকৃতিক গ্যাসেও প্রচুর পরিমাণে মিথেন গ্যাস বর্তমান থাকে। জলজ উদ্ভিদ পচিয়া বদ্ধ জলাভূমিতে এই গ্যাসের সৃষ্টি হয় বলিয়া ইহাকে মার্স গ্যাস (marsh gas) বলে। মিথেন দাহ্য গ্যাস। এই গ্যাসের সহিত অল্প পরিমাণে ফসফিন গ্যাস মিশ্রিত থাকায় বায়ুর অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিয়া উহা জ্বলিয়া উঠে। এই চলমান অগ্নিশিখাই আলেয়ারূপে দেখা যায়।

ব্যবহার :—মিথেন জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়। উচ্চতাপে অসম্পূর্ণ দহনে মিথেন বিয়োজিত হইয়া কার্বন ব্ল্যাক ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। এই কার্বন ব্ল্যাক কার্বন কাগজ, জুতার পালিশ, ছাপার কালি, মোটর গাড়ীর টায়ার ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোজেন, অ্যাসিটিলিন, মিথাইল কোহল ও ফরমালডিহাইডের উৎপাদনে মিথেনের ব্যবহার আছে।

ইথিলিন (C_2H_4)

উৎস :—পেট্রোলিয়াম খনি হইতে উদ্গত প্রাকৃতিক গ্যাসে এবং কোল গ্যাসেও সামান্য পরিমাণে ইথিলিন পাওয়া যায়। বর্তমানে শিল্প-পদ্ধতিতে ইথাইল কোহল অথবা প্রাকৃতিক গ্যাস হইতে ইথিলিন উৎপন্ন হয়।

ব্যবহার :—ইথাইল কোহল, গ্লাইকল, ডাইঅক্সান, ইথিলিন ডাই-ক্লোরাইড, ইথিলিন ডাইব্রোমাইড, পলিথিন নামক প্লাস্টিক, থায়োকল নামক কৃত্রিম রবার ইত্যাদি প্রস্তুত করিতে ইথিলিন ব্যবহৃত হয়। কৃত্রিম উপায়ে কাঁচা ফল পাকাইবার জন্য ইথিলিন ব্যবহৃত হইয়া থাকে। চেতনানাশক ঔষধরূপেও ইহার ব্যবহার আছে।

অ্যাসিটিলিন (C_2H_2)

উৎস :—কোল গ্যাসে ও পেট্রোলিয়াম খনি হইতে উত্থিত প্রাকৃতিক গ্যাসে অতি সামান্য পরিমাণে অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায়। ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সহিত জলের বিক্রিয়ায় ইহা উৎপন্ন করা হয়।

ব্যবহার :—অ্যাসিট্যালডিহাইড, অ্যাসিটোন, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, হেক্সাক্লোরো ইথেন, কৃত্রিম রবার (neoprene), ভিনাইল প্লাস্টিক ইত্যাদি প্রস্তুত করিতে অ্যাসিটিলিন ব্যবহৃত হয়। আলোর উৎস হিসাবে এবং উচ্চতাপ বিশিষ্ট অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা উৎপাদন করিতে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। এই শিখা ধাতু ঝালাই-এর কাজে প্রয়োগ করা হয়।

ক্লোরোফর্ম ($CHCl_3$)

উৎস :—ইথাইল কোহলের অথবা অ্যাসিটোনের সহিত জল ও ব্লীচিং পাউডারের বিক্রিয়ায় ক্লোরোফর্ম প্রস্তুত করা হয়। কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের বিজারণেও ইহা প্রস্তুত হয়। বর্তমানে প্রাকৃতিক গ্যাস হইতে প্রাপ্ত মিথেনের সহিত ক্লোরিনের নিয়ন্ত্রিত বিক্রিয়ায় ইহা উৎপন্ন করা হয়।

ব্যবহার :—ক্লোরোফর্ম চেতনানাশক ঔষধ হিসাবে অস্ত্রোপচারের পূর্বে রোগীকে অচৈতন্য করিতে ব্যবহৃত হয়। শিল্পক্ষেত্রে তৈল, রজন, প্লাস্টিক, পেনিসিলিন, নিকোটিন ইত্যাদির দ্রাবক হিসাবে ইহার ব্যবহার আছে। রেফ্রিজারেটরে শীতলীকারক ফ্লুওরোকার্বনের প্রস্তুতিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

ইথাইল কোহল (C_2H_5OH)

উৎস :—প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় ইথাইল কোহল পাওয়া যায় না। সাধারণতঃ আলু, ভুট্টা ইত্যাদি শ্বেতসার জাতীয় পদার্থ ও চিনি, গুড়, ফলের রস ইত্যাদি শর্করা জাতীয় পদার্থকে ঈষ্ট (yeast) বা খমির নামক আণুবীক্ষণিক জীবের সাহায্যে সন্ধিত (fermented) করিয়া অর্থাৎ গাঁজাইয়া ইথাইল কোহল উৎপন্ন করা হয়। ঐ জলীয় দ্রবণ হইতে আংশিক পাতনের সাহায্যে কোহলকে গাঢ় করা হয়।

পানীয়রূপে ব্যবহৃত মদ্যে ইথাইল কোহল ও জল ছাড়াও অল্প পরিমাণে উদ্ভিজ্জ রং, সুগন্ধি, অন্য কোহল ও এস্টার ইত্যাদি বর্তমান থাকে।

ব্যবহার :—ইথাইল কোহলের ব্যবহার বহুবিধ। পানীয় মদ্যরূপে, (হুইস্কি, জিন, বিয়ার ইত্যাদি), বিভিন্ন জৈব যৌগের দ্রাবকরূপে, ঔষধ-শিল্পে এবং জীবাণুনাশক হিসাবে ইহার ব্যবহার আছে। ইথার, ক্লোরোফর্ম, অ্যাসেটিক অ্যাসিড, মেথিলেটেড স্পিরিট, মোটর গাড়ীর জালানী (power alcohol) ইত্যাদি প্রস্তুত করিতেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

21.9.79

* ভিনিগার

উৎস :—অম্লস্বাদযুক্ত মদে, কোন কোন উদ্ভিজ্জ তৈলে, কয়েকটি ফলের রসে এবং প্রাণীর মলেও অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH) পাওয়া যায়। ভিনিগার হইল অ্যাসেটিক অ্যাসিডের লঘু দ্রবণ। জীবাণুর উপস্থিতিতে 10% ইথাইল কোহল ও 1% অ্যাসিটিক অ্যাসিড সমন্বিত সন্ধিত গুড়ের দ্রবণকে বায়ুতে জারিত করিয়া ভিনিগার প্রস্তুত করা হয়। বর্তমানে শিল্পে ব্যবহৃত অ্যাসিটিক অ্যাসিড কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতন ক্রিয়ায় (destructive distillation) প্রাপ্ত পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন করা হয়; অ্যাসিটিলিনকে অনুঘটকের উপস্থিতিতে বায়ুতে জারিত করিয়াও ইহা প্রস্তুত করা হয়।

ব্যবহার :—বিভিন্ন অ্যাসিটেট লবণ, অ্যাসিটোন, অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, অ্যাসপিরিন প্রভৃতি প্রস্তুত করিতে ইহার ব্যবহার আছে। মারকিউরোক্রোম নামক জীবাণুনাশক, বিভিন্ন রঞ্জক দ্রব্য ও কৃত্রিম সিল্ক তৈয়ারী করিতে ইহা ব্যবহৃত হয়। ভিনিগার রন্ধন কার্যে খাদ্যের সহিত ব্যবহৃত হয়।

* গ্লিসারল ($CH_2OH-CHOH-CH_2OH$)

উৎস :—বিভিন্ন প্রাণীজ ও উদ্ভিজ্জ তৈলে গ্লিসারল বা গ্লিসারিন গ্লিসারাইড এষ্টার হিসাবে বর্তমান থাকে। তৈলের সহিত কস্টিক ক্ষার সংযোগে সাবান প্রস্তুত করিবার সময় গ্লিসারল উপজাত (by-product) হিসাবে পাওয়া যায়।

ব্যবহার :—নাইট্রোগ্লিসারিন, ডিনামাইট প্রভৃতি বিস্ফোরক পদার্থ প্রস্তুত করিতে গ্লিসারল ব্যবহৃত হয়। প্রসাধন দ্রব্যাদি ও টফি প্রভৃতি দ্রব্য তৈয়ারী করিতেও ইহার ব্যবহার আছে। ঔষধে এবং খাদ্য সংরক্ষণেও ইহার প্রয়োগ রহিয়াছে।

*গ্লুকোজ ($C_6H_{12}O_6$)

উৎস :—মধুতে এবং বিভিন্ন ফলের রসে, বিশেষতঃ আঙ্গুরের রসে ইহা যথেষ্ট পরিমাণে পাওয়া যায়। আঙ্গুরের রসে পাওয়া যায় বলিয়া ইহার অপর নাম দ্রাক্ষা শর্করা (grape sugar)। শ্বেতসার জাতীয় বস্তুকে (চাল, ভুট্টা, আলু প্রভৃতি) লঘু অ্যাসিড অথবা এন্‌জাইমের সাহায্যে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিয়া গ্লুকোজ প্রস্তুত করা হয়।

আমাদের দেহে শ্বেতসার জাতীয় খাদ্য গ্লুকোজে পরিণত হইয়া রক্তের সহিত বিভিন্ন কোষে সঞ্চালিত হয়। সেইজন্য রক্তে সবসময় কিছু পরিমাণ গ্লুকোজ থাকে। এই গ্লুকোজই আমাদের দেহে শক্তির প্রধান উৎস। বহুমূত্র রোগীর দেহে গ্লুকোজের বিপাক ঠিকমত হয় না বলিয়া তাহাদের মূত্রের সহিত গ্লুকোজ বাহির হয়।

ব্যবহার :—বিভিন্ন ফলের জেলি, জ্যাম ইত্যাদি এবং ক্যালসিয়াম গ্লুকোনেট ও ভিটামিন C প্রস্তুত করিতে গ্লুকোজের ব্যবহার আছে। রোগীর খাদ্যরূপেও ইহা ব্যবহৃত হয়। খাদ্য গ্রহণে অসমর্থ দুর্বল রোগীর রক্তে গ্লুকোজ ইনজেকশান দিয়া রোগীকে বাঁচাইয়া রাখা হয়। মৃদু বিজারক রূপেও গ্লুকোজ ব্যবহৃত হইয়া থাকে। 25.9.79

V.V.I ইউরিয়া (H_2NCONH_2)

উৎস :—প্রাণীদের মূত্রে ইউরিয়া থাকে। এইজন্যই কৃষিক্ষেত্রে গোমূত্র (চোনা) সার হিসাবে প্রয়োগ করা হয়। বর্তমানে প্রধানতঃ অ্যামোনিয়া ও কার্বন ডাইঅক্সাইড হইতে ইউরিয়া উৎপন্ন করা হয়। ইহাদের মিশ্রণ উচ্চতাপ ও চাপে প্রথমে অ্যামোনিয়াম কার্বামেটে পরিণত হয়; এই কার্বামেট হইতে জল বাহির হইয়া গিয়া ইউরিয়া উৎপন্ন হয়।

$$2NH_3 + CO_2 \rightleftharpoons H_2N.\ CO_2NH_4 \rightleftharpoons NH_2COH_2N + H_2O$$

ব্যবহার :—কৃষিকার্যে নাইট্রোজেন-ঘটিত উৎকৃষ্ট সার হিসাবে প্রচুর পরিমাণে ইউরিয়া ব্যবহৃত হয়। ইউরিয়া-ফর্মালডিহাইড রজন প্রস্তুত করা, বস্ত্রকে ভাঁজ নিরোধক (anticrease) করা প্রভৃতি কার্যে ইউরিয়ার ব্যবহার আছে। প্লাইউড ও ঔষধশিল্পে ইহা ব্যবহৃত হয়; ইউরিয়া স্টিবামাইন হইতেছে কালাজ্বরের অন্যতম প্রতিষেধক।

বেন্‌জিন (C_6H_6)

উৎস :—বেন্‌জিন অ্যারোমেটিক শ্রেণীর মধ্যে মূল যৌগ। আংশিক

17-50

পাতন প্রক্রিয়ায় আলকাতরা (coal tar) হইতে ইহা প্রস্তুত করা হয়। পেট্রোলিয়াম হইতে প্রাপ্ত নরম্যাল হেক্সেনকে উচ্চ চাপ ও তাপে ক্রোমিক অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়াও বেন্‌জিন উৎপাদন করা হয়।

ব্যবহার :—বেন্‌জিনের ব্যবহার বহুল। চর্বি, তৈল, রবার ইত্যাদির দ্রাবকরূপে, পেট্রোলের সহিত মিশাইয়া মোটর স্পিরিট হিসাবে, রেশম বস্ত্রাদির শুষ্ক ধৌতিকরণে এবং ফেনল, নাইট্রোবেন্‌জিন, সাইক্লোহেক্সেন ইত্যাদি পদার্থ প্রস্তুত করিতে বেন্‌জিন ব্যবহৃত হয়। রেক্টিফায়েড স্পিরিট হইতে জল দূরীভূত করিয়া অনার্দ্র কোহল প্রস্তুত করিতেও বেন্‌জিন ব্যবহৃত হয়।

ফেনল (C_6H_5OH)

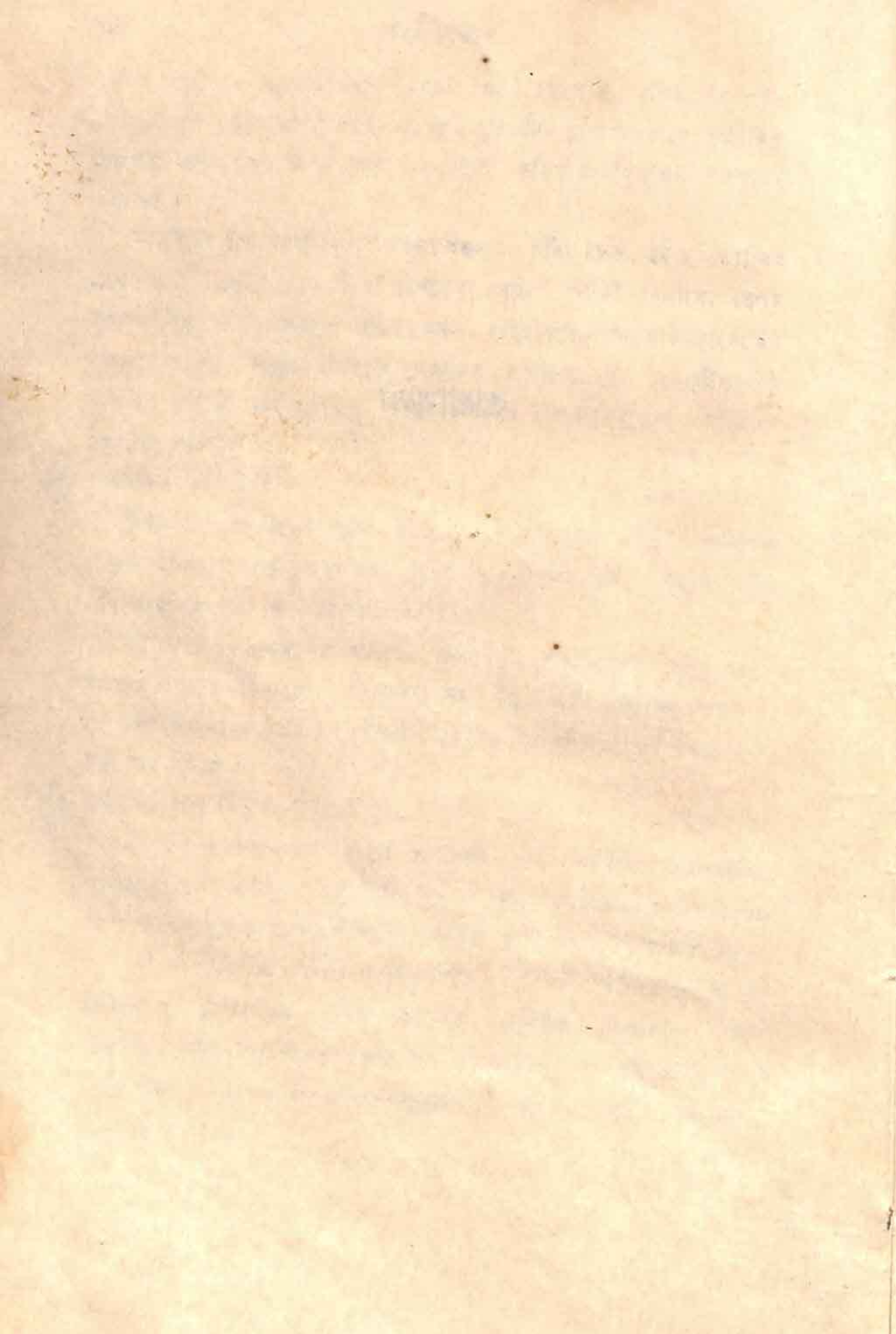
উৎস :—বেন্‌জিনের ন্যায় ইহাকেও আলকাতরা হইতে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় সংগ্রহ করা হয়। ইহা মৃদু অ্যাসিড ধর্মী। ইহার অপর নাম কার্বলিক অ্যাসিড (carbolic acid)।

ব্যবহার :—ফেনলের ব্যবহার বহুবিধ। জীবাণুনাশক রূপে ইহার ব্যাপক প্রয়োগ রহিয়াছে। পিক্‌রিক অ্যাসিড, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড, বেকেলাইট নামক প্লাস্টিক ইত্যাদি বিভিন্ন যৌগিক পদার্থ উৎপাদনেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

ন্যাপ্থালিন ($C_{10}H_8$)

উৎস :—আলকাতরা হইতে আংশিক পাতন প্রক্রিয়ায় ন্যাপথালিন পাওয়া যায়। বর্তমানে পেট্রোলিয়ামজাত গ্যাসকে উচ্চতাপে অনুঘটকের সাহায্যে অ্যারোমেটিক যৌগে পরিণত করিয়া ন্যাপথালিন উৎপন্ন করা হয়।

ব্যবহার :—জৈব রঞ্জক পদার্থসমূহের (dyes) প্রস্তুতিতে ও বহুবিধ ঔষধশিল্পে ন্যাপথালিন একটি গুরুত্বপূর্ণ প্রাথমিক উপাদান। কীট-বিকর্ষক ও কীটনাশক ক্ষমতার জন্য ইহা জামা-কাপড় ও শস্যাদি সংরক্ষণে ব্যবহৃত হয়। ন্যাপথালিন হইতে টেট্রালিন, ডেকালিন প্রভৃতি জৈব দ্রাবক উৎপাদন করা হয়।

প্রশ্নাবলী

প্রথম অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. ভুল বা নির্ভুল, তাহা বল :—

(i) ডাল্‌টনের মতানুসারে সকল পরমাণুই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অবিভাজ্য থাকে।

(ii) পরমাণুর ভিতর এইরূপ কয়েকটি নির্দিষ্ট কক্ষপথ আছে, যেগুলিতে ইলেকট্রন থাকিলে তাহা হইতে বিকিরণ নির্গত হয় না।

(iii) পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রন ও প্রোটন থাকে।

(iv) নিউক্লীয় বল একপ্রকার আকর্ষণ-বল।

(v) প্রোটন বা ইলেকট্রনের আধানই সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র পরিমাণের আধান।

(vi) অক্সিজেন পরমাণুর ভরকে 1 ধরিয়া অন্য মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব নিরূপণ করা হয়।

B. কোন্‌টি ঠিক বল :—

(i) জলের অণুতে পরমাণুর সংখ্যা কত?—1, 2, 3।

(ii) কোন্‌টি তড়িৎ-নিরপেক্ষ ?—ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন।

(iii) কোন্‌টি সর্বাপেক্ষা ভারী ?—ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন।

(iv) কোন্ মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 2টি প্রোটিন ও 2টি নিউট্রন আছে?
—হাইড্রোজেন, হিলিয়াম, লিথিয়াম।

(v) প্রোটনের ব্যাস মোটামুটিভাবে কত সেন্টিমিটার ?—10^{-8}, 10^{-13}, 10^{-18}।

(vi) কোন্ মৌলের পারমাণবিক সংখ্যা ও ভর-সংখ্যা একই ?
—হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ইউরেনিয়াম।

(vii) ট্রিটিয়ামের নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা কত ?—0, 1,2।

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) পরমাণুর আকার — ধরিলে ইহার ব্যাস মোটামুটিভাবে — সেন্টিমিটার।

(ii) অণু হইতেছে পদার্থের এইরূপ — কণা, যাহা — অবস্থায় থাকিতে পারে এবং যাহাতে পদার্থের — বজায় থাকে।

(iii) পরমাণুর নিউক্লিয়াসের — — ও ইলেকট্রনগুলির মোট ঋণাত্মক — — বলিয়া পরমাণু সামগ্রিকভাবে তড়িৎ-নিরপেক্ষ।

(iv) প্রোটন ও — নিউক্লীয় কণা বা — বলে।

(v) ভর-সংখ্যা = নিউক্লিয়াসে — সংখ্যা + — সংখ্যা।

(vi) যে সকল পরমাণুর নিউক্লিয়াসে — সংখ্যা সমান কিন্তু — সংখ্যা বিভিন্ন, তাহারা পরস্পরের আইসোটোপ।

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. পদার্থের পারমাণবিক গঠন বলিতে কি বুঝ? ইহাতে অণুর স্থান কোথায় ?

2. (a) সৌর জগতের সহিত পরমাণুর কাঠামোর তুলনা কর।
(b) তিনটি বিভিন্ন পরমাণুর গঠন চিত্রসহকারে বর্ণনা কর।

3. পরমাণুর নিউক্লিয়াস সম্বন্ধে কি জান? সর্বাপেক্ষা হাল্‌কা পরমাণুর নিউক্লিয়াস ও হিলিয়াম পরমাণুর নিউক্লিয়াসের মধ্যে কি পার্থক্য?

4. নিম্নলিখিত কণাগুলি সম্বন্ধে যাহা জান লিখ:—
প্রোটন, ইলেকট্রন ও নিউট্রন। (H. S. 1969)

5. পারমাণবিক সংখ্যা ও ভর-সংখ্যার সংজ্ঞা লিখ। ইহাদের মধ্যে কোন্‌টি মৌলের স্বকীয়তার পরিচায়ক, তাহা বুঝাইয়া দাও। $_3Li^7$ লিখিয়া কি বুঝান হয়?

6. মৌলের "পারমাণবিক গুরুত্ব" বলিতে তুমি কি বুঝ, তাহা ব্যাখ্যা কর। (H. S. 1961)

7. আইসোটোপ কাহাকে বলে, দুইটি দৃষ্টান্ত সহকারে ব্যাখ্যা কর। (H. S. 1971)

তেজস্ক্রিয় আইসোটোপ কি?

দ্বিতীয় অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. ভুল বা নির্ভুল, তাহা বল:—

(i) চাপের প্রভাবে গ্যাসের আয়তনের যৎসামান্য পরিবর্তন হয়।
(ii) সকল গ্যাসের ক্ষেত্রেই অধিক চাপে বয়েলের সূত্র হইতে বিচ্যুতি দেখা যায়।
(iii) 273°C তাপমাত্রাকে পরম শূন্য তাপমাত্রা বলে।
(iv) যৌগিক পদার্থের অণু বিভিন্ন প্রকার পরমাণুর সংযোগে গঠিত।
(v) কোন পদার্থের পারমাণবিক গুরুত্বের সমান সংখ্যক গ্রামকে পদার্থটির মোল বলা হয়।
(vi) প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে এক ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·09 গ্রাম।
(vii) আমাদের চারিপাশের বায়ুর অণুসমূহের গড় গতি সেকেণ্ডে প্রায় 400 মিটার।

B. কোন্‌টি ঠিক বল:—

(i) তাপমাত্রা অপরিবর্তিত অবস্থায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের চাপ অর্ধেক হইয়া গেলে উহার আয়তন পূর্বের তুলনায় কিরূপ হয়?—অর্ধেক, দ্বিগুণ, চারগুণ।
(ii) কোন্ ভগ্নাংশটি গ্যাসের প্রসারণ গুণাঙ্ক?—1/273, 1/283, 1/293।
(iii) বয়েল ও চার্লসের মিলিত সমীকরণ অনুযায়ী কোন্‌টি ধ্রুবক?—PV/T, PT/V TV/P।

(iv) গ্যাসীয় অবস্থায় মৌলিক পদার্থের অণুতে সর্বাধিক পরমাণুর সংখ্যা কত ?—2, 4, 8 ।

(v) অক্সিজেন = 16, এই এককে হাইড্রোজেনের আণবিক গুরুত্ব কত ?—1·008, 2, 2·016 ।

(vi) কোন্‌টি অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা ? = $3·06 \times 10^{23}$, $6·03 \times 10^{23}$, $6·03 \times 10^{22}$

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) চাপ হইতেছে প্রতি—— ——প্রযুক্ত বল ।

(ii) কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা অপরিবর্তিত রাখিয়া উহার উপর চাপ বাড়াইলে উহার— বাড়িবে এবং — কমিবে ।

(iii) অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প অনুযায়ী একই চাপে ও — সকল গ্যাসের সমান — সমসংখ্যক — বর্তমান ।

(iv) প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে যে-কোন গ্যাসের এক মোলের আয়তন — — ।

(v) এক মোল পরিমাণ গ্যাসে অণুর সংখ্যাকে — — বলে ।

(vi) গ্যাসের — তত্ত্ব অনুসারে অণুসমূহের গতি সর্বদিকেই বিদ্যমান এবং এই গতি বিশৃঙ্খল বা — ।

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. গ্যাসের চাপ বলিতে কি বুঝ ?
"76 সে. মি. পারদের চাপ" বলিতে কি বুঝায় ? (H. S. 1965)
বয়েলের সূত্র সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর ।

2. কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের তাপমাত্রা, চাপ ও আয়তনের মধ্যে সম্পর্কটি কি ? যে সূত্রগুলি হইতে এই সম্পর্ক পাওয়া যায়, সেইগুলি উল্লেখ কর । ঐ সূত্রগুলি হইতে সম্পর্কটি কিরূপে নিরূপণ করা যায় ?
(H. S. 1972)

3. পরম শূন্য তাপমাত্রার ধারণাটি ব্যাখ্যা কর । (H. S. 1970)
পরম তাপমাত্রা কাহাকে বলে ? এই তাপমাত্রার মাধ্যমে চার্লসের সূত্র প্রকাশ কর ।

4. গে-লুসাকের গ্যাসায়তনিক সূত্র কি ? (H. S. 1970)
অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প উল্লেখ করিয়া দৃষ্টান্ত সহকারে ইহা ব্যাখ্যা কর ।
(H. S. 1972)

5. আণবিক গুরুত্ব বলিতে কি বুঝ ?
কোন গ্যাসের আণবিক গুরুত্ব যে উহার বাষ্পায় ঘনত্বের দ্বিগুণ, অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের সাহায্যে তাহা প্রমাণ কর । (H. S. 1968)

6. অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্পের গুরুত্ব সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর ।

প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে এক মোল পরিমাণ যে-কোন গ্যাসের আয়তন কিরূপে অ্যাভোগাড্রোর প্রকল্প হইতে নির্ণয় করা যায়?

7. গ্যাসীয় পদার্থের অণুর গতি সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। গতীয় তত্ত্ব হইতে গ্যাসের চাপ, আয়তন ও তাপমাত্রার মধ্যে সম্পর্কটি কিরূপে পাওয়া যায়?

8. টীকা লিখ :—

(a) অণু, (b) অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা, (c) গ্যাস-ধ্রুবক।

তৃতীয় অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. ভুল বা নির্ভুল, তাহা বল :—

(i) শব্দ সৃষ্টির জন্য কম্পনশীল বস্তুর প্রয়োজন।

(ii) স্বনমাপক যন্ত্রে তারের কম্পনের সহিত কাঠের বাক্সের অভ্যন্তরস্থ বায়ুও কম্পিত হইতে থাকে বলিয়া শব্দের প্রাবল্য কমিয়া যায়।

(iii) শূন্য স্থান দিয়া শব্দের বিস্তার সময় বিশেষে সম্ভব হইতে পারে।

(iv) ডাক্তারদের স্টেথোস্কোপে শব্দের প্রতিফলনের ব্যবহারিক প্রয়োগ ঘটে।

(v) বায়ুর তাপমাত্রা বাড়িলে বায়ুতে শব্দের বেগও বাড়িয়া যায়।

(vi) সুরবর্জিত শব্দে সমমেলের আধিক্য থাকে।

(vii) শব্দোত্তর তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য সাধারণ শব্দতরঙ্গের তুলনায় ক্ষুদ্রতর বলিয়া ইহা প্রায় সরলরেখায় চলে।

B. কোন্‌টি ঠিক বল :—

(i) প্রতিধ্বনি সৃষ্টির মূলে কোন্ কারণটি রহিয়াছে?—শব্দের প্রতিফলন, প্রতিসরণ, শোষণ।

(ii) কঠিন পদার্থের মধ্যে শব্দের বেগ বায়ুর মধ্যে উহার বেগের তুলনায় কিরূপ হইয়া থাকে?—বেশী, সমান, কম।

(iii) শব্দের তীক্ষ্ণতা কিসের উপর নির্ভর করে?—শব্দের কম্পাঙ্ক, শব্দের বেগ, শব্দ-বিস্তারের মাধ্যম।

(iv) সুরযুক্ত শব্দে মূল সুরের কম্পাঙ্ক 256Hz হইলে একটি সমমেলের কম্পাঙ্ক কোন্‌টি? —812Hz, 1024Hz, 1236Hz।

(v) শব্দোত্তর তরঙ্গের কম্পাঙ্কের নিম্নসীমা কত?—10,000Hz, 20,000Hz. 30,000Hz।

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) আমাদের দেহে — উপরদিকে দুই পার্শ্বে — নামে যে দুইটি পাতলা — আছে, তাহাদের — ফলেই আমাদের কণ্ঠ হইতে স্বর নিঃসৃত হয়।

(ii) কোন ক্ষণস্থায়ী শব্দের — শুনিতে হইলে — শ্রোতার নিকট হইতে অন্ততঃ — মিটার দূরে থাকা প্রয়োজন।

(iii) — — আলোর — অপেক্ষা বহুলাংশে — বলিয়া বিদ্যুৎস্ফুরণ দেখিবার বেশ কিছুক্ষণ পরে মেঘগর্জন শুনিতে পাওয়া যায়।

(iv) বাদুড় উড়িবার সময় যে — তরঙ্গ সৃষ্টি করে, তাহা কোন বস্তু হইতে — হইয়া ফিরিয়া আসিলে বাদুড় সেই বস্তুর অবস্থান বুঝিতে পারে।

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. (a) শব্দ সৃষ্টি করিবার সময় সুরশলাকা যে কম্পিত হয়, তাহা কেমন করিয়া প্রমাণ করিবে? (H. S. 1970, S. F. Comp. 1967)

(b) একটি স্বনমাপকের গঠন ও ব্যবহারের সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। (S. F. 1973)

2. দুইটি পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ কর যে, স্বনকের কম্পনের ফলে শব্দের উৎপত্তি হয়। (S. F. 1971)

স্বনকের কম্পাঙ্ক কাহাকে বলে? স্বনকের কম্পাঙ্ক কোন্ সীমার মধ্যে থাকিলে তাহা মানুষের শ্রবণেন্দ্রিয়ে শব্দের অনুভূতি জাগায়?

3. শব্দ বিস্তারের জন্য বায়ুর প্রয়োজন হয়, একটি পরীক্ষা বর্ণনা করিয়া তাহা প্রমাণ কর।

(S. F. Comp. 1972, S. F. 1973, H. S. 1970)

সূর্যে প্রচণ্ড শব্দ উৎপন্ন হইলে পৃথিবীতে কি তাহা শোনা যাইত? তোমার উত্তরের জন্য যুক্তি দাও। (S. F. 1970)

4. শব্দের স্বরূপ কি? বায়ুতে ইহার গতি মোটামুটি কত? (S. F. 1973)

শব্দের কম্পাঙ্ক ও তরঙ্গদৈর্ঘ্য কাহাকে বলে? শব্দের বেগের সহিত ইহাদের কি সম্পর্ক?

5. শব্দতরঙ্গ বায়ুতে কিরূপে বিস্তার লাভ করে, তাহা চিত্রের সাহায্যে সংক্ষেপে বুঝাইয়া দাও। (H. S. 1969)

6. শব্দের বেগ বলিতে কি বুঝ? শব্দের বেগ যে আলোকের বেগ হইতে কম, তাহা কি করিয়া প্রমাণ করা যায়? প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় বায়ুতে শব্দের বেগ কত?

7. শব্দের প্রতিফলনের সূত্রগুলি উল্লেখ কর।

শব্দের প্রতিফলন একটি পরীক্ষার সাহায্যে দেখাও।

(S. F. 1967, H. S. 1970)

শব্দের প্রতিফলনের কয়েকটি প্রয়োগের উল্লেখ কর।

8. প্রতিধ্বনি কাহাকে বলে? কি করিয়া ইহার সৃষ্টি হয়? একটি ঘরে শব্দ সৃষ্ট হইল; ঘরটির দেওয়ালে শব্দের প্রতিফলনের ফলে প্রতিধ্বনি আমরা শুনি না কেন? (H. S. 1968)

প্রতিধ্বনি শুনিতে হইলে প্রতিফলকের নিকটতম দূরত্ব কত হওয়া প্রয়োজন?

9. সুরবর্জিত ও সুরযুক্ত শব্দ কাহাকে বলে? সুরযুক্ত শব্দের বৈশিষ্ট্য সম্বন্ধে যাহা জান সংক্ষেপে লিখ। সুর ও স্বরের মধ্যে কি পার্থক্য?

মূল সুর, উপসুর ও সমমেলের সংজ্ঞা দাও। (H. S. 1971)

10. শব্দোত্তর তরঙ্গ কাহাকে বলে? (H. S. 1964, 1971)

শব্দোত্তর তরঙ্গের কি কি প্রয়োগ আছে?

চতুর্থ অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. ভুল বা নির্ভুল, তাহা বল :—

(i) ইলেকট্রন প্রবাহ ও তজ্জনিত তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ একই হয়।
(ii) ভোল্টীয় কোষে তড়িচ্চালক বলের পরিমাণ 1·08 ভোল্ট।
(iii) তার যত সরু হয়, তাহার বৈদ্যুতিক রোধও তত কমিয়া যায়।
(iv) কোন নির্দিষ্ট পরিবাহীর মধ্য দিয়া নির্দিষ্ট সময় ধরিয়া তড়িৎপ্রবাহ চলিবার ফলে পরিবাহীটিতে উৎপন্ন তাপ তড়িৎপ্রবাহের সমানুপাতিক হয়।
(v) কোন তারের মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালিত করিলে ঐ তারের চতুষ্পার্শ্বে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়।
(vi) অ্যাম্পীয়ারের সন্তরণ নিয়ম অনুযায়ী কোন ব্যক্তি চুম্বকশলাকার দিকে মুখ করিয়া তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখে অগ্রসর হইতে থাকিলে সেই ব্যক্তির দক্ষিণ হস্ত চুম্বক-শলাকার উত্তর মেরুর বিক্ষেপের দিক নির্দেশ করিবে।
(vii) একটি আবদ্ধ কুণ্ডলীর নিকট একটি চুম্বক নড়াইলে কুণ্ডলীতে তড়িচ্চালক বল উৎপন্ন হয় কিন্তু চুম্বকটি স্থির রাখিয়া কুণ্ডলীটি তাহার নিকট নড়াইলে ঐরূপ কোন বলের সৃষ্টি হয় না।
(viii) ডায়নামোয় তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের ব্যবহারিক প্রয়োগ দেখিতে পাওয়া যায়।

B. কোন্‌টি ঠিক বল।

(i) তড়িৎপ্রবাহের একক কোন্‌টি?—ভোল্ট, অ্যাম্পীয়ার, ওহ্‌ম্।
(ii) রোধাঙ্কের একক কোন্‌টি?—ওহ্‌ম্, ওহ্‌ম্/সে. মি., ওহ্‌ম্ সে. মি.।

(iii) তড়িৎ-শক্তি হইতে তাপ উৎপাদনের পরিমাণ কোন্ সূত্র হইতে জানা যায়? —ওহ্‌মের সূত্র, জুলের সূত্র, ফ্যারাডের সূত্র।

(iv) চুম্বকশলাকার উপর তড়িৎপ্রবাহের প্রভাব কোন্ বিজ্ঞানী সর্বপ্রথম লক্ষ্য করেন? —ভোল্‌টা, উরস্টেড, ফ্যারাডে।

(v) একটি দণ্ডচুম্বককে কোন আবদ্ধ কুণ্ডলীর মধ্যে অধিকতর বেগে প্রবেশ করাইলে কুণ্ডলীটিতে আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ কিরূপ হইয়া থাকে?—অপেক্ষাকৃত বেশী, অপেক্ষাকৃত কম, একই রকম।

(vi) আবিষ্ট তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ কোন্ নিয়ম দ্বারা নির্দিষ্ট হয়?—ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম, ফ্লেমিং-এর দক্ষিণহস্ত নিয়ম, অ্যাম্‌পীয়ারের সন্তরণ নিয়ম।

(vii) ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম কোন্ ক্ষেত্রে প্রযোজ্য?—পরিবর্তী-প্রবাহ ডায়নামো, সমপ্রবাহ ডায়নামো, বৈদ্যুতিক মোটর।

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) বিভব হইতেছে কোন বিন্দু বা কোন বস্তুর — অবস্থা।

(ii) উন্মুক্ত বর্তনী অবস্থায় তড়িৎকোষের অ্যানোড ও — মধ্যে যে বিভব-প্রভেদ বর্তমান থাকে, তাহাকে — বল বলা হয়।

(iii) — সূত্রানুযায়ী $V=RI$ সমীকরণে R-কে — ধরা হয়।

(iv) বৈদ্যুতিক ফিউজ তার একটি — ধাতু দ্বারা নির্মিত ; ইহার গলনাঙ্ক যথেষ্ট —।

(v) — উপর — ক্রিয়ায় কিরূপে ঘূর্ণনগতির সৃষ্টি করা সম্ভব, তাহা বার্লো চক্র পরীক্ষা হইতে বুঝিতে পারা যায়।

(vi) ফ্লেমিং-এর নিয়ম অনুযায়ী — হস্তের মধ্যমা, তর্জনী ও বৃদ্ধাঙ্গুলি যদি পরস্পরের — রাখিয়া এইরূপে প্রসারিত করা যায় যে, — তড়িৎপ্রবাহের এবং — চৌম্বক ক্ষেত্রের অভিমুখে থাকে, তাহা হইলে — তড়িৎপরিবাহীর — অভিমুখ নির্দেশ করিবে।

(vii) চৌম্বক ক্ষেত্র ও আবদ্ধ তারকুণ্ডলীর মধ্যে — — ফলে যে তড়িৎপ্রবাহের উৎপত্তি, তাহাকে তড়িচ্চুম্বকীয় — বলে।

(viii) ডায়নামোর চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে একটি কাঁচা — বেলনের উপর আবদ্ধ তারকুণ্ডলী অনেকগুলি — বিভিন্ন — জড়ান থাকে।

সাধারণ প্রশ্নাবলী General Questions)

1. (a) তড়িৎপ্রবাহের ব্যাপারে তড়িৎ-বিভবের ভূমিকা উপমার সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। (S. F. 1973)

(b) তাড়িতাধান প্রবাহের অভিমুখের সহিত তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখের কি সম্পর্ক, তাহা বুঝাইয়া লিখ।

(c) সমপ্রবাহ ও পরিবর্তী প্রবাহের মধ্যে কি পার্থক্য?

2. তড়িৎপ্রবাহ কি? যে ব্যবহারিক এককে ইহা মাপা হয়, তাহার সংজ্ঞা লিখ। (H. S. 1965)

এই এককের সহিত তড়িতের এককের কি সম্পর্ক?

3. কোষের তড়িচ্চালক বল কাহাকে বলে? (H. S. 1971)

এই বল সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। ইহার ব্যবহারিক এককের সংজ্ঞা কি ?

4. (a) ওহ্মের সূত্র উল্লেখ কর। (H. S. 1965, 1970)

(b) পরিবাহীর রোধ বিভিন্ন বিষয়ের উপর কিভাবে নির্ভর করে, তাহা উল্লেখ কর। (H. S. 1970)

5. তড়িৎপরিবাহীর রোধ বলিতে কি বুঝায় ? একটি তামার তারের রোধ নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে কিভাবে পরিবর্তিত হয় :

(i) যদি উহার দৈর্ঘ্য বাড়ান যায় ;

(ii) যদি উহার স্থূলতা বাড়ান যায় ? (S. F. 1967)

রোধের ব্যবহারিক এককের সংজ্ঞা লিখ। তড়িৎপরিবাহীর পরিবাহিতা কাহাকে বলে ?

"নাইক্রোমের রোধাঙ্ক 110×10^{6} ওহ্ম সে. মি."—এই উক্তি দ্বারা কি বুঝান হয় ? (H. S. 1972)

6. তড়িৎপ্রবাহের তাপীয় প্রভাবের দুইটি ব্যবহারিক প্রয়োগের উল্লেখ কর এবং যে-কোন একটি চিত্রসহকারে বর্ণনা কর।

বৈদ্যুতিক ফিউজের প্রয়োজনীয়তা কি ? (S. F. 1970)

তড়িৎপ্রবাহ দ্বারা তাপ উৎপাদন সম্পর্কিত সূত্রটি উল্লেখ কর। (H. S. 1966)

7. তড়িৎপ্রবাহের চৌম্বক প্রভাব দেখাইবার জন্য একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। (H. S. 1972)

তড়িৎপরিবাহী তারের নিকট চুম্বকশলাকার বিক্ষেপ সম্পর্কিত কোন নিয়ম থাকিলে তাহা উল্লেখ কর। তড়িৎপ্রবাহের চুম্বকীয় প্রভাবের সাহায্যে কিভাবে তড়িৎপ্রবাহের অভিমুখ নির্ণয় করা যায় ? (S. F. Comp. 1963)

8. ফ্লেমিং-এর বামহস্ত নিয়ম উল্লেখ করিয়া তাহা ব্যাখ্যা কর। (S. F. 1971)

বার্লো চক্র পরীক্ষাটি বর্ণনা কর এবং ইহাতে তড়িৎপ্রবাহের উপর চৌম্বক ক্ষেত্রের প্রভাব কিরূপে প্রদর্শিত হয়, তাহা বুঝাইয়া দাও। (H. S. 1964)

9. তড়িৎপ্রবাহের উপর চুম্বকের ক্রিয়া সম্পর্কে আলোচনা কর।

বৈদ্যুতিক মোটরের কার্যনীতি সরল চিত্র সহকারে ব্যাখ্যা কর। (H. S. 1968)

10. তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ বলিতে কি বুঝায়? ইহা পরীক্ষা দ্বারা কিভাবে দেখান যায়? তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের যে-কোন একটি ব্যবহারিক প্রয়োগ আলোচনা কর। (S. F. Comp. 1967)

11. তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশ সম্পর্কিত ফ্যারাডের সূত্রগুলি উল্লেখ কর। একটি চুম্বককে তারকুণ্ডলীর নিকট দ্রুত লইয়া আসিলে কি পার্থক্য লক্ষিত হয়? চুম্বকের উত্তর মেরুকে যদি বদ্ধ তারকুণ্ডলীর দিকে লইয়া আসা যায়, তাহা হইলে চুম্বকের অবস্থান হইতে তাকাইলে আবিষ্ট তড়িৎ-প্রবাহের অভিমুখ কিরূপ হইবে? (S. F. 1966)

12. কি ধরণের শক্তি ডায়নামোতে তড়িৎ-শক্তিতে রূপান্তরিত হয়? ফ্লেমিং-এর দক্ষিণহস্ত নিয়ম কি? (H. S. 1966)
একটি উদাহরণের সাহায্যে নিয়মটি বুঝাইয়া দাও।

পঞ্চম অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. ভুল বা নির্ভুল, তাহা বল :—

(i) তড়িচ্চুম্বকের যে প্রান্তের সম্মুখ হইতে দেখিলে তড়িৎপ্রবাহকে বামাবর্তে চলিতে দেখা যায়, সেই প্রান্তটি উহার দক্ষিণ মেরু।
(ii) সকল প্রকার তড়িচ্চুম্বকের মধ্যে অশ্বক্ষুরাকৃতি তড়িচ্চুম্বকের ব্যবহারই সর্বাধিক।
(iii) বৈদ্যুতিক ঘণ্টায় তড়িচ্চুম্বক ব্যবহৃত হয়।
(iv) টেলিফোনের গ্রাহক-যন্ত্রে কোন স্থায়ী চুম্বক থাকে না।
(v) টেলিফোনের কার্যপ্রণালীতে তড়িচ্চুম্বকীয় আবেশের প্রয়োগ আছে।

B. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) — তারের দীর্ঘ কুণ্ডলীর ভিতর — লোহার দণ্ড রাখিয়া তড়িচ্চুম্বক নির্মাণ করা হয়।
(ii) — নিয়ন্ত্রণ করিয়া তড়িচ্চুম্বকের চৌম্বক ক্ষেত্রকে পরিবর্তন করা যায়। আবার — — বিপরীত করিয়া মেরুদ্বয়ের পারস্পরিক অবস্থান পরিবর্তন করা সম্ভব।
(iii) আগত তড়িৎপ্রবাহ অনুসারে টেলিফোন গ্রাহক-যন্ত্রে স্থায়ী চুম্বকের তড়িচ্চুম্বক অংশের — হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে বলিয়া — উপর ইহার আকর্ষণ-বলের হ্রাস-বৃদ্ধি হইয়া থাকে।
(iv) আধুনিক টেলিফোনের প্রেরক-যন্ত্রে একটি ক্ষুদ্র প্রকোষ্ঠে রক্ষিত — গুঁড়ার উপর শব্দানুসারে — তারতম্য ঘটাইয়া উহার রোধের হ্রাস-বৃদ্ধি করা হয়।

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. সলিনয়েড কাহাকে বলে? তড়িচ্চুম্বকের সহিত ইহার কি পার্থক্য? সাধারণ চুম্বকের তুলনায় তড়িচ্চুম্বকের কি কি সুবিধা রহিয়াছে?

2. "তড়িচ্চুম্বক" বলিতে কি বুঝ? (S. F. Comp. 1970)

একটি তড়িচ্চুম্বকের গঠন ও কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

(S. F. 1973))

তড়িচ্চুম্বকের ব্যবহার সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা কর।

3. যে টেলিফোনে গ্রাহক-যন্ত্র ও প্রেরক-যন্ত্র অভিন্ন, সেইরূপ একটি টেলিফোন বর্ণনা কর এবং উহার কার্যপ্রণালী বুঝাইয়া দাও।

4. আধুনিক টেলিফোনের গ্রাহক-যন্ত্রের বর্ণনা দাও এবং ইহার কর্মপদ্ধতি ব্যাখ্যা কর। পূর্বতন গ্রাহক-যন্ত্রের সহিত ইহার পার্থক্য কি?

ষষ্ঠ অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. ভুল বা নির্ভুল, তাহা বল :—

(i) আর্দ্র বায়ুতে দুইটি তড়িদ্দ্বারের মধ্য দিয়া তড়িৎস্ফুলিঙ্গ চালনা করিতে হইলে শুষ্ক বায়ুর তুলনায় অধিক বিভব-প্রভেদ প্রয়োজন।

(ii) ক্যাথোড রশ্মি প্রকৃতপক্ষে তড়িতাহিত কণার প্রবাহ।

(iii) ক্যাথোড রশ্মি কোন গ্যাসের মধ্য দিয়া যাইবার সময় উহাকে আয়নিত করে না।

(iv) এক্স্ রশ্মি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্র বা চৌম্বক ক্ষেত্র দ্বারা বিচ্যুত হয়।

(v) স্বল্পমাত্রার এক্স্ রশ্মি জীবদেহের কোন ক্ষতি সাধন করে না।

B. কোন্‌টি ঠিক বল :—

(i) বায়ুমণ্ডলের প্রমাণ চাপে একটি গোলাকার তড়িদ্দ্বারে তড়িৎস্ফুলিঙ্গ চালনা করিতে হইলে দুইটি তড়িদ্দ্বারের মধ্যে কত বিভব-প্রভেদ থাকা প্রয়োজন?—300 ভোল্ট, 30000 ভোল্ট, 30000C ভোল্ট।

(ii) বৈদ্যুতিক ক্ষরণের পরীক্ষায় কাচনলে ফ্যারাডে কৃষ্ণ অঞ্চল প্রত্যক্ষ করিবার জন্য অভ্যন্তরস্থ গ্যাসের চাপ কমাইয়া কত করা প্রয়োজন?—10 সে. মি., 1 সে. মি., 1 মি. মি.।

(iii) গতিযুক্ত কোন আহিত কণা চৌম্বক ক্ষেত্রে যে বল অনুভব করে, তাহার অভিমুখ কি হয়?—গতির দিকের অভিলম্ব বরাবর, চৌম্বক ক্ষেত্রের দিকের অভিলম্ব বরাবর, গতি ও চৌম্বকক্ষেত্র উভয়ের দিকেরই অভিলম্ব বরাবর।

(iv) এক্স্ রশ্মির তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত?—10 সে. মি. হইতে 10^{-8} সে. মি.-এর মধ্যে;

10^{-3} সে. মি. হইতে 10^{-6} সে. মি.-এর মধ্যে, 10^{-6} সে. মি. হইতে 10^{-9} সে. মি.-এর মধ্যে।

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) গ্যাসীয় পদার্থের মধ্য দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনাকে — — বলে।

(ii) তড়িদ্দ্বার — হইলে অপেক্ষাকৃত কম বিভব-প্রভেদেই তড়িৎস্ফুলিঙ্গ চালিত হয়।

(iii) বৈদ্যুতিক ক্ষরণ সম্পর্কিত পরীক্ষায় কাচনলের অভ্যন্তরস্থ বায়ুর চাপ — মি. মি. হইলে — বর্ণের দীর্ঘ স্ফুলিঙ্গ শব্দ সৃষ্টি করিয়া আঁকা বাঁকা পথে চালিত হয়।

(iv) ক্যাথোড রশ্মি — আধান যুক্ত এবং উহা — ক্ষেত্র ও — ক্ষেত্রের প্রভাবে বিচ্যুত হয়।

(v) পদার্থের — বেশি হইলে বা পারমাণবিক — অধিক হইলে এক্স্ রশ্মি ঐ পদার্থ দ্বারা অধিক পরিমাণে শোষিত হয়।

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. বৈদ্যুতিক ক্ষরণ কাহাকে বলে, দৃষ্টান্ত সহকারে ব্যাখ্যা কর। বায়ুর তড়িৎ-পরিবাহিতা কি কি ভৌত পরিবেশে বৃদ্ধি পায়? গ্যাসের মধ্যে বৈদ্যুতিক ক্ষরণের ব্যবহারিক প্রয়োগের দুইটি দৃষ্টান্ত দাও।

2. বিভিন্ন নিম্নচাপে বায়ুর মধ্য দিয়া বৈদ্যুতিক ক্ষরণের পরীক্ষাসমূহ চিত্রসহকারে বর্ণনা কর।

3. ক্যাথোড রশ্মি কাহাকে বলে? ইহার সম্বন্ধে আলোচনা কর। ক্যাথোড রশ্মি কি প্রকার কণার সমবায়ে গঠিত?

4. এক্স্ রশ্মি কাহাকে বলে? কুলীজ নলের বর্ণনা দাও। পূর্বতন এক্স্ রশ্মি উৎপাদক যন্ত্রের সহিত ইহার কি কি পার্থক্য?

5. এক্স্ রশ্মির ধর্মসমূহ বর্ণনা কর। এক্স্ রশ্মির ব্যবহারিক প্রয়োগ সম্পর্কে কি জান?

সপ্তম অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. ভুল বা নির্ভুল, তাহা বল :—

(i) বর্তমান ধারণা অনুসারে পরমাণু পদার্থের অন্তিম কণা।

(ii) মেণ্ডেলীফের পর্যায় সূত্র অনুসারে পারমাণবিক গুরুত্ব পরিবর্তনের সহিত পর্যায়ক্রমে মৌলগুলির ধর্মের পুনরাবৃত্তি হয়।

(iii) পর্যায় সারণীর সপ্তম শ্রেণীর মৌলগুলি ধনতড়িদ্‌ধর্মী।

(iv) হ্যালোজেন গোষ্ঠীর মৌলগুলি ধাতুর সহিত সহজেই বিক্রিয়া করে।

(v) খাদ্য লবণ একটি তড়িদ্‌যোজী যৌগ।

(vi) সমযোজী যৌগ তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য।

B. কোন্‌টি ঠিক বল :—

(i) সালফিউরিক অ্যাসিডের গঠনে হাইড্রোজেন, সালফার ও অক্সিজেন পরমাণুর অনুপাত কি ?—1 : 2 : 4, 2 : 1 : 4, 2 : 1 : 3।

(ii) পর্যায় সারণীতে পর্যায়ের সংখ্যা কত ?—7, 8, 9।

(iii) ম্যাগনেসিয়ামের যোজ্যতা কত ?—0, 1, 2।

(iv) লৌহকে কিরূপ মৌল বলা হয় ?—আদর্শ মৌল, সন্ধিগত মৌল, বিরল মৃত্তিকা মৌল।

(v) কোন মৌলের ইলেকট্রন-বিন্যাস (খোলকে ইলেকট্রন সংখ্যা অনুযায়ী) 2, 8, 1 ; এই মৌল পর্যায় সারণীর কোন্ শ্রেণীতে অবস্থিত ?—0, I, II।

(vi) কোন মৌলের ইলেকট্রন-বিন্যাস 2, 7 ; কোন্ ইলেকট্রন-বিন্যাসযুক্ত মৌলটি উহার সমধর্মী ?—2, 7, 1 ; 2, 7, 7 ; 2, 8, 7।

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ অনুসারে মৌলের যে ক্ষুদ্রতম কণা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে, তাহাকে — বলে।

(ii) আধুনিক পর্যায় সারণী — — অনুযায়ী সজ্জিত হয়।

(iii) চতুর্থ ও পঞ্চম পর্যায় — পর্যায়, ইহাদের প্রত্যেকটিতে — মৌল থাকে।

(iv) হিলিয়াম একটি — মৌল এবং ইহার — শূন্য।

(v) একটি মৌলের পরমাণু হইতে অপর মৌলের পরমাণুতে — স্থানান্তরিত হইয়া — আকর্ষণের সাহায্যে যৌগ গঠন করিবার ক্ষমতাকে তড়িদ্‌যোজ্যতা বলে।

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. ডাল্‌টনের পরমাণুবাদের মূল কথা কি? বর্তমান রসায়নের আলোকে ডাল্‌টনের পরমাণুবাদের ত্রুটিগুলি আলোচনা কর।

2. পরমাণু ও অণুর মধ্যে যে প্রভেদ আছে, তাহা উদাহরণ দিয়া বুঝাইয়া দাও। (H. S. Comp. 1967, H. S. 1971)

3. মেণ্ডেলীফের পর্যায় সূত্র বলিতে কি বুঝায়? মৌলসমূহের বিভিন্ন ধর্মের পর্যায়ক্রমিতা কয়েকটি উদাহরণ দিয়া বুঝাইয়া দাও।

4. আধুনিক পর্যায় সারণীর একটি সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও। পর্যায় সারণীর উপযোগিতা কি কি?

5. টীকা লিখ :—

হ্যালোজেন গোষ্ঠী, সন্ধিগত মৌল, বিরল মৃত্তিকা মৌল, নিষ্ক্রিয় মৌল, ইউরেনিয়ামোত্তর গোষ্ঠী।

অষ্টম অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. ভুল বা নির্ভুল, তাহা বল :—

(i) পারমাণবিক গুরুত্বকে গ্র্যামে প্রকাশ করা হয়।
(ii) কোন যৌগের আণবিক গুরুত্ব তাহার সংকেতে পরমাণুগুলির গুরুত্বের যোগফল।
(iii) অক্সিজেনের আণবিক গুরুত্ব 32।
(iv) একই চাপ ও তাপমাত্রায় এক লিটার হাইড্রোজেন ও এক লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইডে সমান সংখ্যক অণু থাকে।

B. কোন্‌টি ঠিক বল :—

(i) হাইড্রোজেন পরমাণুর ভর অক্সিজেন পরমাণুর ভরের 1/16 অংশের কত গুণ?—1·0008, 1·008, 1·08।
(ii) কোন মৌলের পারমাণবিক গুরুত্বের আসন্ন মান কোন্‌টির সমান?—মৌলটির ভর-সংখ্যা; মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যা; পর্যায় সারণীতে মৌলটি যে শ্রেণীতে অবস্থিত, তাহার সংখ্যা।
(iii) প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় 22·4 লিটার কার্বন ডাইঅক্সাইডের ভর কত?—22 গ্র্যাম, 44 গ্র্যাম, 66 গ্র্যাম।

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) কার্বন ডাইঅক্সাইডের আণবিক গুরুত্ব 44; অতএব উহার একটি অণু অক্সিজেনের একটি পরমাণু অপেক্ষা — গুণ ভারী।
(ii) আণবিক গুরুত্ব হইতেছে এইরূপ একটি সংখ্যা, যাহাকে গ্র্যামে প্রকাশ করিলে তাহা প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে পদার্থটির — লিটারের সমান হইবে।
(iii) এক মোল নাইট্রোজেন বলিলে — গ্র্যাম নাইট্রোজেন বুঝাইয়া থাকে।

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. পারমাণবিক গুরুত্ব বলিতে কি বুঝায়? ক্লোরিনের পারমাণবিক গুরুত্ব 35.5—ইহার অর্থ কি? কোন মৌলের পরমাণুগুলির কি বিভিন্ন গুরুত্ব থাকিতে পারে? তোমার উত্তরের সমর্থনে যুক্তি দেখাও।

(H. S. Comp. 1971)

2. একটি গ্যাসের আণবিক সংকেত CH_4 হইলে ঐ গ্যাসটি অক্সিজেন গ্যাসের তুলনায় কতগুণ ভারী বা হাল্‌কা হইবে বলিয়া মনে হয়, কারণসহ লিখ (C=12, O=16)। (S. F. 1973)

3. প্রমাণ অবস্থায় এক গ্র্যাম হাইড্রোজেনের আয়তন কত এবং এই অবস্থায় এক লিটার গ্যাসে কতগুলি হাইড্রোজেন অণু থাকিবে?

(H. S. 1972)

4. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—

(H. S. 1972)

(a) গ্র্যাম-অণু

(b) গ্র্যাম আণবিক আয়তন।

নবম অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. হাইড্রোক্লোরিক, সালফিউরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্যে কোন্‌টি কোন্ ক্ষেত্রে উপযুক্ত, তাহা বল :—

(i) বিশুদ্ধ অবস্থায় এই অ্যাসিড একটি গ্যাস।
(ii) সোরা ও সালফিউরিক অ্যাসিড একত্রে উত্তপ্ত করিলে ইহা পাওয়া যায়।
(iii) ইহা দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড।
(iv) গাঢ় অ্যাসিড জলে মিশাইলে প্রভূত তাপের উৎপত্তি হয়।
(v) গাঢ় উত্তপ্ত অ্যাসিডে তামা দ্রবীভূত হইয়া বাদামী গ্যাস সৃষ্টি করে।

B. কোন্‌টি ঠিক বল :—

(i) অ্যাকোয়া রিজিয়াতে কোন্ দুইটি অ্যাসিড থাকে?—হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক, হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক, সালফিউরিক ও নাইট্রিক।
(ii) কোন্ অ্যাসিড সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় সাদা অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করিবে?—সালফিউরিক, নাইট্রিক, হাইড্রোক্লোরিক।
(iii) কোন্ ধাতুটি লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন নির্গত করে?—তামা, ম্যাগনেসিয়াম, দস্তা।

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) $MnO_2+4HCl=MnCl_2+ — + —$
(ii) $NaOH+HCl= — + —$
(iii) $Zn+ — = ZnSO_4+H_2$
(iv) $— +H_2SO_4=CaSO_4+H_2O$
(v) $ZnO+2HNO_3= — + —$

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. খাদ্য লবণ হইতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি বর্ণনা কর। নিম্নলিখিত পদার্থগুলির উপর এই অ্যাসিডের ক্রিয়া লিখ—(a) লৌহ, (b) ফেরিক অক্সাইড, (c) ম্যাঙ্গানীজ ডাইঅক্সাইড, (d) সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ। (H. S. 1962, 1964)

2. সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির যে-কোন একটি পদ্ধতির বিবরণ দাও। (H. S. 1965)

3. সালফিউরিক অ্যাসিডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের বর্ণনা দাও। একখণ্ড কাগজের উপর এক বিন্দু গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড ফেলিলে কি হইবে?

3. পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির বর্ণনা দাও। ইহা হইতে কিরূপে (i) নাইট্রিক অক্সাইড ও (ii) নাইট্রোজেন পারঅক্সাইড প্রস্তুত করিবে?

(a) কাঠকয়লা ও (b) ফেরাস সালফেট দ্রবণের উপর নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্রিয়া বর্ণনা কর। (H. S. 1965)

5. একটি দৃষ্টান্তের সাহায্যে প্রমাণ কর যে, গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড একটি জারক। এই বিক্রিয়ায় জারণ ও বিজারণ যুগপৎ ঘটিতেছে, তাহা দেখাও। (S. F. 1972)

দশম অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. হীরক ও গ্রাফাইটের মধ্যে কোন্ বিষয়ে সাদৃশ্য আছে :—

(i) তাহাদের কেলাসিত গঠনে।
(ii) তাহারা উভয়েই কার্বনের রূপভেদ।
(iii) উভয়েই অত্যন্ত কঠিন পদার্থ।
(iv) উভয়ের একই আয়তনে সমান সংখ্যক অণু থাকে।
(v) উভয়ের মধ্যে অণুগুলির বিন্যাস একই রকম।

B. কোন্‌টি ঠিক বল :—

(i) দিয়াশলাই বাক্সের দুই পার্শ্বে কি থাকে?—লোহিত ফসফরাস, শ্বেত ফসফরাস, বোরাক্স।
(ii) পেন্সিলের সীস কি দিয়া তৈয়ারী?—গ্র্যাফাইট, গ্যাস-কার্বন, কোক।
(iii) বায়ুতে কোন্‌টির অনুপ্রভা দেখা যায়?—শ্বেত ফসফরাস, গন্ধক, হীরক।
(iv) সিন্দুর প্রস্তুত করিতে কোন্‌টি ব্যবহৃত হয়?—গন্ধক, ফসফরাস, বোরন।

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) ফসফরাস প্রধানত দুই প্রকার : — ও — ফসফরাস ; —ফসফরাস অত্যন্ত বিষাক্ত।
(ii) যে ধর্মের জন্য কোন মৌল বিভিন্ন রূপে থাকিতে পারে, তাহাকে — বলে।
(iii) বোরিক অ্যাসিড প্রধানতঃ — রূপে ব্যবহার করা হয়।

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. কার্বনের উৎস ও ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা কর।

2. কার্বনের দুইটি রূপভেদের নাম লিখ। প্রত্যেকের দুইটি বিশেষ ভৌত ধর্ম ও একটি করিয়া ব্যবহার বর্ণনা কর। (S. F. 1972)

3. গন্ধকের উৎস ও ব্যবহার বর্ণনা কর।

4. বোরনের কয়েকটি উৎসের নাম লিখ। বোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার কি কি ?

5. (a) বহুরূপতা পদটি ব্যাখ্যা কর। (S. F. 1973)

(b) শ্বেত ফসফরাসকে কিভাবে লোহিত ফসফরাসে রূপান্তরিত করা হয় ? (H. S. 1971)

একাদশ অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. কোন্‌টি নির্ভুল বল :—

চুনাপাথর হইতে কলিচুন প্রস্তুত করা হয় উহাকে

(i) উত্তপ্ত করিয়া এবং পরে কয়লা সহযোগে পুনরায় উত্তপ্ত করিয়া।
(ii) কয়লা ও জলের সহিত মিশ্রিত করিয়া তাপ প্রয়োগে।
(iii) উত্তপ্ত করিয়া পরে জল দিয়া।
(iv) গলিত অবস্থায় তড়িদ্‌বিশ্লেষিত করিয়া।

B. কোন্‌টি ঠিক বল :—

(i) লাল রং-এর কাচ প্রস্তুত করিতে কি ব্যবহৃত হয় ?—কোবাল্ট অক্সাইড, কিউপ্রাস অক্সাইড, ম্যাঙ্গানীজ অক্সাইড।
(ii) ব্লীচিং পাউডারের রাসায়নিক নাম কি ?—ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড, ক্যালসিয়াম ক্লোরোহাইপোক্লোরাইট, ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড।
(iii) মাটির অম্ল দূর করিতে কৃষিক্ষেত্রে কি প্রয়োগ করা হয় ?—চুন, কস্টিক সোডা, কাপড় কাচা সোডা।
(iv) উদ্ভিদের সার হিসাবে কোন্‌টি ব্যবহৃত হয় ?—খাদ্য লবণ, অ্যামোনিয়াম সালফেট, কপার সালফেট।
(v) সাবান তৈয়ারী করিতে কি ব্যবহৃত হয় ?—ক্লোরিন, কস্টিক সোডা, শুষ্ক চুন।
(vi) নরম সাবান প্রস্তুত করিতে কোন্‌টি ব্যবহৃত হয় ?—কস্টিক সোডা, কলিচুন, কস্টিক পটাশ।
(vii) আসবাবপত্রের পালিশ প্রস্তুতিতে কোন্‌টি ব্যবহৃত হয় ?—ব্লীচিং পাউডার, রেক্টিফায়েড স্পিরিট, মেথিলেটেড স্পিরিট।

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) বিশুদ্ধ খাদ্য লবণ জলাকর্ষী নয়, কিন্তু বাজারের লবণ জলাকর্ষী হয়, কারণ উহাতে — — অবিশুদ্ধি হিসাবে থাকে।

(ii) পোড়া চুনে জল দিলে প্রভূত — উৎপন্ন হয়।

(iii) তুঁতের কেলাস দেখিতে — বর্ণের। অনার্দ্র তুঁতে দেখিতে —, উহাতে জল দিলে বর্ণ পুনরায় — হয়।

(iv) পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে — হইতে 120°C তাপমাত্রায় যে অংশটি পাতিত হইয়া আসে, তাহাকে পেট্রোল বলে এবং 150°C হইতে — তাপমাত্রায় যে তরলটি গ্রাহক-পাত্রে সঞ্চিত হয়, তাহা কেরোসিন।

(v) রেক্‌টিফায়েড স্পিরিট ও মেথিলেটেড স্পিরিটে কোহলের শতকরা পরিমাণ প্রায় — থাকে, কিন্তু স্পিরিটকে মেথিলেটেড করা হয় উহাকে — হিসাবে ব্যবহারের অনুপযোগী করিবার জন্য।

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. কাচ কি ? কাচ কোন্ কোন্ উপাদান হইতে প্রস্তুত করা হয় ? রঙিন কাচ কিভাবে তৈয়ারী হয় ?

কাচের কোন্ কোন্ ধর্মের জন্য ইহার বহুবিধ ব্যবহার আছে ? কাচের কয়েকটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

2. কস্টিক সোডা ও সোডিয়াম কার্বনেটের রাসায়নিক সংযুতি কি ? উহাদের ব্যবহার বর্ণনা কর। (S. F. 1972)

3. সোডিয়াম ক্লোরাইড ও কস্টিক সোডার রাসায়নিক সংযুতি এবং প্রধান ব্যবহারগুলি বর্ণনা কর। (S. F. 1970)

4. ব্লীচিং পাউডার কি ? উহা কিভাবে পাওয়া যায় ? উহার ব্যবহার-গুলি উল্লেখ কর।

5. সাবান কি ? উহা প্রস্তুত করিতে কি কি উপাদান লাগে ? স্বচ্ছ সাবান কিরূপে প্রস্তুত হয় ? সাবানে কাপড় পরিষ্কার হয় কিভাবে ?

6. পেট্রোল ও কেরোসিনের উৎস কি ? উহাদের মধ্যে পার্থক্য কি ? উহাদের দুইটি করিয়া ব্যবহার উল্লেখ কর।

7. রেক্‌টিফায়েড স্পিরিট কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার কি কি ব্যবহার আছে ?

মেথিলেটেড স্পিরিট কি ? ইহার দুইটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

8. নিম্নলিখিত পদার্থগুলির উৎস, প্রকৃতি ও ব্যবহার সম্পর্কে সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—

(a) চুন, (b) তুঁতে, (c) অ্যামোনিয়াম সালফেট, (d) রেক্‌টিফায়েড স্পিরিট, (e) মেথিলেটেড স্পিরিট।

দ্বাদশ অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. ভুল বা নির্ভুল, তাহা বল :—

(i) হিমাটাইট আকরিকের সংকেত $FeCO_3$।
(ii) আর্দ্র বায়ুতে লোহাতে মরিচা পড়ে।
(iii) সীসার তৈয়ারী নলে মৃদু জল সরবরাহ নিরাপদ নয়।
(iv) সিনাবার হইল মারকিউরিক সালফাইড।
(v) ভারতে পারদের আকরিক উল্লেখযোগ্য পরিমাণে পাওয়া যায় না।
(vi) সম-আয়তন লৌহ অপেক্ষা পারদ ভারী।

B. কোন্‌টি ঠিক বল :—

(i) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও কস্টিক সোডা উভয়েরই সহিত বিক্রিয়ায় কোন্‌টি হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে ?—তামা, লোহা, অ্যালুমিনিয়াম।
(ii) কোন্ লোহাতে কার্বনের পরিমাণ সবচেয়ে কম ?—ঢালাই লোহা, ইস্পাত, পেটা লোহা।
(iii) প্রকৃতিতে কোন্ ধাতুটি মৌল অবস্থায় থাকিতে পারে ?—তামা, ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম।
(iv) লোহায় মরিচা পড়া নিবারণ করিতে কোন্‌টির প্রলেপ দেওয়া হয় ?—তামা, দস্তা, অ্যালুমিনিয়াম।
(v) সাধারণ তাপমাত্রায় কোন্‌টি তরল অবস্থায় থাকে ?—সীসা, পারদ, দস্তা।

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) বক্সাইট হইল — আকরিক।
(ii) বায়ুতে ম্যাগনেসিয়াম জ্বালাইলে — — ও সামান্য — — উৎপন্ন হয়।
(iii) লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় দস্তা — — এবং — উৎপন্ন করে।
(iv) অস্থায়ী চুম্বক প্রস্তুত করিতে — — এবং স্থায়ী চুম্বকে — ব্যবহৃত হয়।
(v) গ্যালেনার রাসায়নিক নাম — —।
(vi) থার্মোমিটারে পারদ ব্যবহৃত হয় কারণ ইহা — এবং তাপের —।
(vii) ব্রোঞ্জের উপাদান তামা ও —।
(viii) যে-কোন ধাতু ও — সংকরকে অ্যামালগাম বলে।

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. (a) বক্সাইট হইতে কিভাবে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করা হয় ?

(b) অ্যালুমিনিয়ামের দুইটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

(c) লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত অ্যালুমিনিয়ামের বিক্রিয়া বর্ণনা কর। (S. F. 1972)

2. কোন্ অবস্থায় ম্যাগনেসিয়াম ও লৌহ জলের সহিত বিক্রিয়া করে ? সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। (H. S. 1969)

3. দস্তার প্রধান আকরিকগুলির নাম ও সংকেত লিখ। দস্তার প্রধান

দুইটি ব্যবহার উল্লেখ কর। দন্তাচূর্ণ কস্টিক সোডা দ্রবণের সহিত ফুটাইলে কি ঘটে বর্ণনা কর। (H. S. 1972)

4. লৌহের ধর্মসমূহ ও ব্যবহারের বর্ণনা দাও। লৌহ ও ইস্পাতের মধ্যে পার্থক্য কি? (S. F. 1973)

5. (a) আর্দ্র বায়ুতে লোহায় মরিচা পড়ে কেন?

(b) "গ্যালভানাইজেশন" কি? ইহার উদ্দেশ্য কি? (S. F. 1972)

6. তামার প্রধান আকরিকগুলির নাম লিখ। তামার কি কি ব্যবহার আছে? ইহার দুইটি প্রধান সংকর ধাতুর নাম, উপাদান ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

7. সীসার কয়েকটি আকরিকের নাম লিখ। জলের সহিত সীসার বিক্রিয়া বর্ণনা কর। লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ইহার কি বিক্রিয়া হয়?

8. পারদের প্রধান আকরিক কি? ইহার কোন্ ধর্মের জন্য ইহা থার্মোমিটার ও ব্যারোমিটারে ব্যবহৃত হয়?

অ্যামালগাম কাহাকে বলে? দুইটি অ্যামালগামের ব্যবহারের বর্ণনা দাও।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

বিষয়মুখী প্রশ্নাবলী (Objective Questions)

A. ভুল বা নির্ভুল, তাহা বল :—

(i) জৈব যৌগগুলি কোন অজ্ঞাত প্রাণশক্তির প্রভাবে কেবল জীবদেহেই উৎপন্ন হইতে পারে।

(ii) অধিকাংশ জৈব যৌগ বর্তমানে জীবজগৎ হইতে সংগৃহীত হয়।

(iii) খনিজ প্রাকৃতিক গ্যাসে অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায়।

(iv) ইথাইল কোহল একটি অদাহ্য পদার্থ।

(v) ভিনিগারে একটি জৈব অ্যাসিড থাকে।

(vi) ইউরিয়া একটি উৎকৃষ্ট নাইট্রোজেন-ঘটিত সার।

(vii) ফেনলের অপর নাম কার্বলিক অ্যাসিড।

B. কোন্‌টি ঠিক বল :—

(i) জিন সংকেত লুকান থাকে কোন্ যৌগে?—এ টি পি, ডি এন এ, এন্‌জাইম।

(ii) বেন্‌জিন কোন্ শ্রেণীর যৌগ?—মুক্তশৃঙ্খল, বৃত্তাকার, হেটারোসাইক্লিক।

(iii) প্রোটিনের উপাদান কি?—গ্লুকোজ, অ্যামিনো অ্যাসিড, নাইট্রোজেন।

(iv) কোহলে কোন্ কার্যকরী মূলকটি থাকে?— $-COOH$, $-OH$, $-NO_2$।

(v) গ্লিসারল কোন্‌টি?—অ্যাসিড, কোহল, হ্যালাইড যৌগ।

(vi) ক্লোরোফর্মের সংকেত কোন্‌টি?—CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$।

(vii) জীবাণুনাশক হিসাবে কোন্‌টি ব্যবহৃত হয়?—গ্লিসারল, বেন্‌জিন, ফেনল।

C. শূন্য স্থান পূর্ণ কর :—

(i) জৈব রসায়নকে বর্তমানে — যৌগের রসায়ন বলা হয়।

(ii) জৈব অনুঘটকের নাম —। এগুলি — জাতীয় যৌগ।

(iii) বংশধারার বাহক যে "জিন," তাহার রাসায়নিক স্বরূপ হইল — নামক জৈব যৌগ।

(iv) মিথেনের অপর নাম — —।

(v) জীবদেহের সাহায্য ছাড়াই পরীক্ষাগারে প্রস্তুত প্রথম জৈব যৌগের নাম —। ইহা স্তন্যপায়ী প্রাণীদের — পাওয়া যায়।

(vi) — হইতে — পাতন প্রক্রিয়ায় ন্যাপথালিন পাওয়া যায়।

সাধারণ প্রশ্নাবলী (General Questions)

1. "জৈব রসায়ন মূলতঃ কার্বন যৌগের রসায়ন"—এই উক্তিটির তাৎপর্য্য ব্যাখ্যা কর। অজৈব রসায়ন হইতে ইহার প্রভেদ কি?

2. "সর্বপ্রকার ক্রিয়ায় জৈব যৌগসমূহের গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রহিয়াছে"—এই উক্তির যাথার্থ্য আলোচনা কর।

3. জৈব যৌগসমূহের ব্যাপকতা ও বৈচিত্র্য সম্বন্ধে আলোচনা কর। ইহাদের প্রকৃতি সম্বন্ধে কি জান?

4. জৈব যৌগসমূহের কার্বন পরমাণুর বন্ধনে বৈশিষ্ট্য কি? এই বন্ধন অনুযায়ী জৈব যৌগসমূহের শ্রেণীবিভাগ কর এবং প্রতি শ্রেণীর একটি করিয়া উদাহরণ দাও।

5. গ্লুকোজ হইতে কিভাবে ইথাইল কোহল পাওয়া যায়? মেথিলেটেড স্পিরিট কি? (H. S. 1966, 1970)

ইথাইল কোহলের ব্যবহার কি কি?

6. গ্লুকোজের উৎস ও ব্যবহার সম্পর্কে আলোচনা কর। ইহার রাসায়নিক সংকেত কি?

7. বেন্‌জিন কোথা হইতে পাওয়া যায়?

ইহাকে কেন অ্যারোমেটিক যৌগ বলা হয়? অ্যালিফ্যাটিক যৌগ হইতে ইহার পার্থক্য কি? (H. S. 1970)

বেন্‌জিনের ব্যবহারগুলি লিখ।

8. নিম্নলিখিত যৌগগুলির উৎস ও ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ :—

(a) মিথেন, (b) ক্লোরোফর্ম, (c) ফেনল, (d) গ্লিসারল। ইহাদের রাসায়নিক সংকেত লিখ।

9. টীকা লিখ :—

(a) ইথিলিন, (b) অ্যাসিটিলিন, (c) ভিনিগার, (d) ইউরিয়া, (e) ন্যাপথালিন।

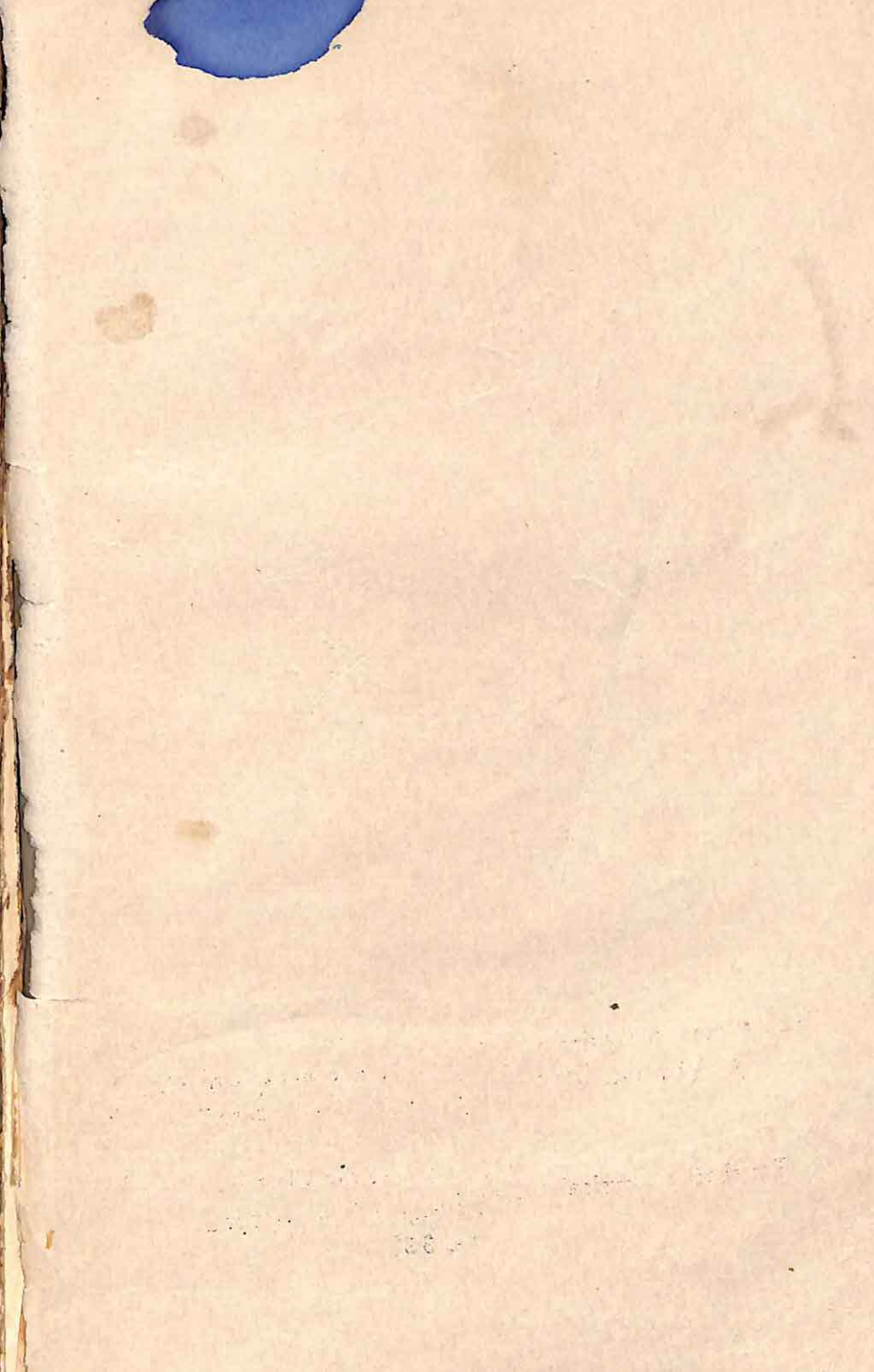
পারমাণবিক গুরুত্বের সারণী

পারমাণবিক গুরুত্বের সারণী

মৌলের নাম	চিহ্ন	পারমাণবিক সংখ্যা	পারমাণবিক গুরুত্ব
অক্সিজেন (Oxygen)	O	8	16.00
অসমিয়াম (Osmium)	Os	76	190.2
আইনস্টাইনিয়াম (Einsteinium)	Es	99	254*
আয়োডিন (Iodine)	I	53	126.91
আমেরেসিয়াম (Americium)	Am	95	243*
আর্গন (Argon)	A	18	39.944
আর্সেনিক (Arsenic)	As	33	74.92
অ্যাকটিনিয়াম (Actinium)	Ac	89	227*
অ্যান্টিমনি (Antimoni)	Sb	51	121.76
অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)	Al	13	26.98
অ্যাস্টাটিন (Astatine)	At	85	210*
ইউরেনিয়াম (Uranium)	U	92	238.07
ইউরোপিয়াম (Europium)	Eu	63	152.0
ইটারবিয়াম (Ytterbium)	Yb	70	173.04
ইট্রিয়াম (Yttrium)	Y	39	88.91
ইন্‌ডিয়াম (Indium)	In	49	114.82
ইরিডিয়াম (Iridium)	Ir	77	192.2
এরবিয়াম (Erbium)	Er	68	167.27
কার্বন (Carbon)	C	6	12.011
কুরিয়াম (Curium)	Cm	96	243*
কোবাল্ট (Cobalt)	Co	27	58.94
ক্যাডমিয়াম (Cadmium)	Cd	48	112.41
ক্যালসিয়াম (Calcium)	Ca	20	40.08
ক্যালিফোর্নিয়াম (Californium)	Cf	98	249*
ক্রিপটন (Krypton)	Kr	36	83.80
ক্রোমিয়াম (Chromium)	Cr	24	52.01
ক্লোরিন (Chlorine)	Cl	17	35.457
গন্ধক (Sulphur)	S	16	32.066
গ্যাডোলিনিয়াম (Gadolinium)	Gd	64	157.26
গ্যালিয়াম (Gallium)	Ga	31	69.72
জারকোনিয়াম (Zirconium)	Zr	40	91.22
জারমেনিয়াম (Germanium)	Ge	32	72.60
জেনন (Xenon)	Xe	54	131.30
টাইটানিয়াম (Titanium)	Ti	22	47.90
টাংস্টেন (Tungsten)	W	74	183.86
টিন (Tin)	Sn	50	118.70
টেকনিসিয়াম (Technetium)	Tc	43	99*
টেরবিয়াম (Terbium)	Tb	65	158-93
টেলুরিয়াম (Tellurium)	Te	52	127.61

মৌলের নাম	চিহ্ন	পারমাণবিক সংখ্যা	পারমাণবিক গুরুত্ব
ট্যাণ্টালাম (Tantalum)	Ta	73	180.95
ডিসপ্রোসিয়াম (Dysprosium)	Dy	66	162.51
তাম্র (Copper)	Cu	29	63.54
থ্যালিয়াম (Thallium)	Tl	81	204.39
থুলিয়াম (Thulium)	Tm	69	168.94
থোরিয়াম (Thorium)	Th	90	232.05
দস্তা (Zinc)	Zn	30	65.38
নাইট্রোজেন (Nitrogen)	N	7	14.008
নিওবিয়াম (Niobium)	Nb	41	92.91
নিওডিমিয়াম (Neodymium)	Nd	60	144.27
নিকেল (Nickel)	Ni	28	58.71
নিয়ন (Neon)	Ne	10	20.183
নেপচুনিয়াম (Neptunium)	Np	93	237*
নোবেলিয়াম (Nobelium)	No	102	
পটাসিয়াম (Potassium)	K	19	39.100
পারদ (Mercury)	Hg	80	200.61
পোলোনিয়াম (Polonium)	Po	84	210
প্যালাডিয়াম (Palladium)	Pd	46	106.4
প্রমিথিয়াম (Promethium)	Pm	61	145*
প্রাসিওডিমিয়াম (Praseodymium)	Pr	59	140.91
প্রোট্যাক্টিনিয়াম (Protactinium)	Pa	91	231
প্ল্যাটিনাম (Platinum)	Pt	78	195.09
প্লুটোনিয়াম (Plutonium)	Pu	94	242*
ফসফরাস (Phosphorous)	P	15	30.975
ফের্মিয়াম (Fermium)	Fm	100	
ফ্রান্সিয়াম (Francium)	Fr	87	223*
ফ্লোরিন (Fluorine)	F	9	19.00
বার্কেলিয়াম (Berkelium)	Bk	97	245*
বিসমাথ (Bismuth)	Bi	83	208.99
বেরিয়াম (Barium)	Ba	56	137.36
বেরিলিয়াম (Beryllium)	Be	4	9.013
বোরন (Boron)	B	5	10.82
ব্রোমিন (Bromine)	Br	35	79.916
ভ্যানাডিয়াম (Vanadium)	V	23	50.95
মলিবডেনাম (Molybdenum)	Mo	42	95,95
মেণ্ডেলিভিয়াম (Mendelevium)	Md	101	
ম্যাগনেসিয়াম (Magnesium)	Mg	12	24.32
ম্যাঙ্গানিজ (Manganese)	Mn	25	54.94
রাদারফোর্ডিয়াম (Rutherfordium)	R	104	
রুথেনিয়াম (Ruthenium)	Ru	44	101.1
রুবিডিয়াম (Rubidium)	Rb	37	85.48

মৌলের নাম	চিহ্ন	পারমাণবিক সংখ্যা	পারমাণবিক গুরুত্ব
রেডন (Radon)	Rn	86	222
রেডিয়াম (Radium)	Ra	88	226.05
রেনিয়াম (Rhenium)	Re	75	186.22
রোডিয়াম (Rhodium)	Rh	45	102.91
রৌপ্য (Silver)	Ag	47	107.880
লরেন্সিয়াম (Lawrencium)	Lw	103	
লিথিয়াম (Lithium)	Li	3	6.940
লুটেসিয়াম (Lutetium)	Lu	71	174.99
লৌহ (Iron)	Fe	26	55 85
ল্যান্থানাম (Lanthanum)	La	57	138.92
সামারিয়াম (Samarium)	Sm	62	150.35
সিজিয়াম (Caesium)	Cs	55	132.91
সিরিয়াম (Cerium)	Ce	58	140.13
সিলিকন (Silicon)	Si	14	28.09
সীসক (Lead)	Pb	82	207.21
সেলেনিয়াম (Selenium)	Se	34	78.96
সোডিয়াম (Sodium)	Na	11	22.991
স্ক্যান্ডিয়াম (Scandium)	Sc	21	44.96
স্বর্ণ (Gold)	Au	79	197.0
স্ট্রন্সিয়াম (Strontium)	Sr	38	87.63
হানিয়াম (Hahnium)	Ha	105	
হাফ্নিয়াম (Hafnium)	Hf	72	178.50
হাইড্রোজেন (Hydrogen)	H	1	1.008
হিলিয়াম (Helium)	He	2	4 003
হোলমিয়াম (Holmium)	Ho	67	164.94

* পারমাণবিক গুরুত্বের আসন্ন মান।

"Paper used for printing this book was made availab
by the Govt. of India at a concessional rate."

Parishad : Physical Sciences for Class X, Bengali.

Rs. 3·80